

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva

Properties of composite materials based on wood

Student:

Barbora Šlesáříková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Daňková, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Zadání bakalářské práce

Student: **Barbora Šlesaríková**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: **Vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva**
Properties of composite materials based on wood

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Přehled sortimentu kompozitních materiálů na bázi dřeva, jejich vlastnosti a použití.
3. Trendy vývoje novodobých kompozitních materiálů na bázi dřeva.
4. Experimentální část - ověření vybraných fyzikálních a mechanických vlastností překližovaných desek.
5. Vyhodnocení výsledků experimentu.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Král, P. a Hrázský, J. Kompozitní materiály na bázi dřeva – Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Brno: MZLU, 2005. 206s. ISBN 80-7157-878-9.
Král, P. a Hrázský, J. Kompozitní materiály na bázi dřeva – Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Cvičení. Brno: MZLU, 2006. 167 s. ISBN 80-7157-934-3.
A další normy, technické listy, odborná periodika, atd. dle pokynů vedoucího práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Daňková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 04.05.2015



Ing. Libor Židek
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnutí licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Janě Daňkové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a cenné rady, které mi při psaní pomohly. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Pavlu Mecovi, za pomoc při provádění laboratorních zkoušek. Mé díky patří i Laboratoři tepelných vlastností, reologie a koroze stavebních materiálů, projektu ICT CZ 1.05/2.1.00/03.0082 za bezplatné užívání klimakomory.

Anotace

Překližované a aglomerované materiály patří mezi základní kompozitní materiály na bázi dřeva. Překližované desky vznikají křížovým slepením lichého počtu dlouhých plátek dýh, zatímco aglomerované desky se vyrábí lisováním malých dřevních částic. Pro své výborné vlastnosti nachází překližované a aglomerované velkoformátové desky širokou škálu uplatnění ve stavebnictví. Jejich vlastnosti se musí ověřovat ve zkušebních laboratořích ihned po výrobě. V rámci experimentální části budu ověřovat vybrané vlastnosti překližované desky dle ČSN norem.

Klíčová slova

Kompozitní materiály na bázi dřeva, překližované materiály, vlhkost, hustota, pevnost v tahu, pevnost v ohybu

Annotation

Plywooded and agglomerated materials belong among basic composite materials based on wood. Plywooded slabs rise by decussate conglutination of a idle number of long splint strips, while agglomerated plates are produced by pressing of small wood elements. For their excellent properties find the plywooded and agglomerated large-format slabs a broad range of use in building industry. Their properties have to be checked in testing laboratories immediately after the production. Within the framework of the experimental part I'll check the chosen properties of the plywooded slab acc. to the ČSN standards.

Key words:

composite materials based on wood, plywooded materials, dampness, density, tensile strenght, bending strenght

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	11
1 Úvod	13
2 Sortiment kompozitních materiálů na bázi dřeva, jejich vlastnosti a použití.....	14
2.1 Základní členění kompozitních materiálů na bázi dřeva	17
2.2 Historie výroby překližovaných a aglomerovaných materiálů	18
2.3 Sortiment vybraných překližovaných materiálů na trhu.....	19
2.3.1 Překližky truhlářské.....	19
2.3.2 Překližky vodovzdorné - stavební	20
2.3.3 Překližky vodovzdorné stavební upravené fólií	21
2.3.4 Multiplex	22
2.3.5 Překližka se sníženou hořlavostí	23
2.3.6 Překližka antivibrační.....	24
2.3.7 Rámové lišty.....	24
2.3.8 Tvarové výlisky	25
2.3.9 Lat'ovky	25
2.3.10 Biodesky.....	26
2.4 Sortiment vybraných aglomerovaných materiálů na bázi dřeva	26
2.4.1 OSB desky (Oriented Strand Board).....	27
2.4.2 Dřevotřískové desky (DTD).....	29
2.4.3 DVD – Dřevovláknité desky	30
2.4.4 Voštinové desky	32
2.5 Sortiment aglomerovaných materiálů s přídavkem nedřevěných materiálů	33
2.5.1 Cementotřískové desky – CTD	33
2.5.2 Sádroláknité desky – SVD	35
2.5.3 Protipožární desky GRENAMAT	37
2.5.4 Desky GRENAISOL	38
2.5.5 Dřevoplastové kompozity (WPC)	38

2.5.6	Vysokotlaké lamináty (HPL)	39
2.6	Sortiment modifikovaného dřeva – dřevo speciálně upravené.....	41
2.6.1	Thermowood	41
2.7	Sortiment kompozitních materiálů na bázi dřeva pro nosné účely.....	43
2.7.1	Vrstvené dřevo – LVL (Laminated Veneer Lumber).....	43
2.7.2	Parallam – PSL (Parallel Stand Lumber)	45
2.7.3	Intrallam – LSL (Laminated Strand Lumber)	47
2.7.4	DeltaStrand – TSL (Triangular Strand Lumber)	48
2.8	Dřeviny používané pro výrobu překližek	48
2.9	Výroba překližovaných materiálů	50
2.9.1	Příprava suroviny:	50
2.9.2	Výroba dýh	51
2.9.3	Výroba překližek	53
2.10	Hlavní výrobci překližovaných materiálů v ČR	55
2.11	Lepidla	56
2.12	Výhody překližek	57
2.13	Nevýhody překližek.....	57
2.14	Využití překližek ve stavebnictví	57
3	Trendy vývoje novodobých kompozitních materiálů na bázi dřeva	59
3.1	Chemická modifikace dřeva	59
3.2	Méně hodnotné dřevo	59
3.3	Nanotechnologie	60
4	Experimentální část	61
4.1	Normalizace.....	63
4.2	Zjišťování hustoty.....	64
4.2.1	Zkušební postup	65
4.2.2	Vyjádření výsledků	66
4.3	Zjišťování vlhkosti.....	67
4.3.1	Zkušební postup	67
4.3.2	Vyjádření výsledků	68

4.4	Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu	70
4.4.1	Zkušební postup	70
4.4.2	Vyjádření výsledků	74
4.5	Stanovení modulu pružnosti v tahu a pevnosti v tahu	77
4.5.1	Zkušební postup	77
4.5.2	Vyjádření výsledků	81
5	Vyhodnocení výsledků experimentu	85
6	Závěr	93
7	Seznam použitých pramenů	94

Seznam použitého značení

A	Průřezová plocha rovna b.t [mm ²] Průřez v délce měřicí základny [mm ²]
a	Průhyb [mm]
atd.	a tak dále (z latinského et cetera)
b	Změřená šířka zkušebního tělesa [mm]
cca	Přibližně (z latinského circa)
ČSN	Česká technická norma
E	Třída modulu pružnosti v ohybu
E _m	Modul pružnosti v ohybu [N/mm ²]
EN	Evropská norma
E _t	Modul pružnosti v tahu [N/mm ²]
E _t A	Tuhost v tahu [N/mm ²]
F	Zatížení [N] Třída ohybového namáhání
f _m	Pevnost v ohybu [N/mm ²]
F _{max}	Maximální zatížení zkušebního tělesa [N]
f _t	Pevnost v tahu [N/mm ²]
H	Vlhkost [%]
l ₁	Vzdálenost mezi středy podpěr [mm] Délka měřicí základny [mm]
l ₂	Délka odpovídající samonastavitelným čelistem [mm]

m	Hmotnost zkušebního tělesa [g]
m_H	Hmotnost zkušebního tělesa po odběru vzorků (po klimatizování) [g]
m_0	Hmotnost zkušebního tělesa po vysušení [g]
t	Tloušťka zkušebního tělesa [mm]
u	Deformace [mm]
ρ	Hustota [kg/m^3]
0	ve směru vláken vrstvy překližované desky
90	kolmo na vlákna vnější překližované desky

1 Úvod

Kompozitní materiály na bázi dřeva jsou produkty využívající příznivých vlastností masivního dřeva a zároveň odstraňující jeho nevýhody jako např. bobtnání nebo sesychání. Vznikají dělením dřevní suroviny na nejrůznější částice a následně se spojují pomocí pojiva a tlaku do velkoplošných deskových nebo tvarových materiálů. Tímto způsobem jsou odbourány přirozeně se vyskytující vady masivního dřeva, které vznikají při samotném růstu stromu.

Překližované desky vznikají lepením lichého počtu dýh, které jsou na sebe vždy kolmé. Rozlišujeme je na podélné a příčné, kdy podélné překližky mají povrchový směr vláken shodný s delší stranou překližky, počet podélných dýh je také vyšší než příčných dýh a tudíž podélné překližky vykazují vyšších pevností než příčné překližky, tak jako tomu je i u masivního dřeva, které má lepší vlastnosti v podélném směru vláken.

Tato bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část, které se zabývají problematikou překližovaných desek.

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na základní druhy kompozitních materiálů na bázi dřeva, na jejich vlastnosti a využití. Hlavní náplní práce jsou překližované desky, jejich historie, výroba, používaná lepidla, výhody i nevýhody. Samostatná kapitola je věnována trendům vývoje novodobých kompozitních materiálů na bázi dřeva.

Praktická část bakalářské práce se zabývá ověřením fyzikálních a mechanických vlastností překližované desky tloušťky 7 mm na základě ČSN norem. Zjišťuje se hustota, vlhkost a tahové vlastnosti v rovině desky. Dále se ověří pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu, které jsou důležité pro zatřídění dle ČSN EN 636 [5] a jsou důležité pro navrhování stavebních konstrukcí. V závěru práce je porovnání hlavních vlastností běžně používaných stavebních materiálů.

2 Sortiment kompozitních materiálů na bázi dřeva, jejich vlastnosti a použití

Kompozitní materiály na bázi dřeva (obr. 1) jsou produkty vyvíjené na základě využívání pozitivních vlastností dřeva (izolační vlastnosti, snadná opracovatelnost, dřevo je obnovitelný materiál) a současně překonávání jeho negativ [7] (bobtnání, sesychání, výrazné rozdíly vlastností v různých směrech vláken, vady dřeva). Od klasických dřevěných materiálů (prkna, trámy) se liší způsobem výroby, kdy se dřevní materiál nejprve rozdělí na jednotlivé částice (Obr. 2) (dýhy, třísky, štěrky, vlákna) a následně se pojí slisováním za pomoci lepidel, tak vznikají stabilní velkoformátové deskové materiály nebo tvarové výlisky, ve kterém jsou vyloučeny růstové vady dřeva [31].



Obr. 1 Přehled kompozitních materiálů na bázi dřeva.

Zleva: spárovka, překližka, OSB deska, dřevotřísková deska, izolační (měkká) vláknitá deska, vláknitá deska se střední hustotou (MDF), dřevo – plastová deska (WPC), sendvičový panel [7].

Mechanické a fyzikální vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva jsou ovlivněny snad všemi výrobními parametry, mezi které patří hlavně druh použité dřeviny, velikost, geometrie, orientace, formování a kvalita třísek, typ a množství použitého lepidla a lisovací faktory jako např. lisovací čas, teplota, tlak [7].



Obr. 2 Dřevní elementy pro výrobu kompozitních materiálů na bázi dřeva [7].

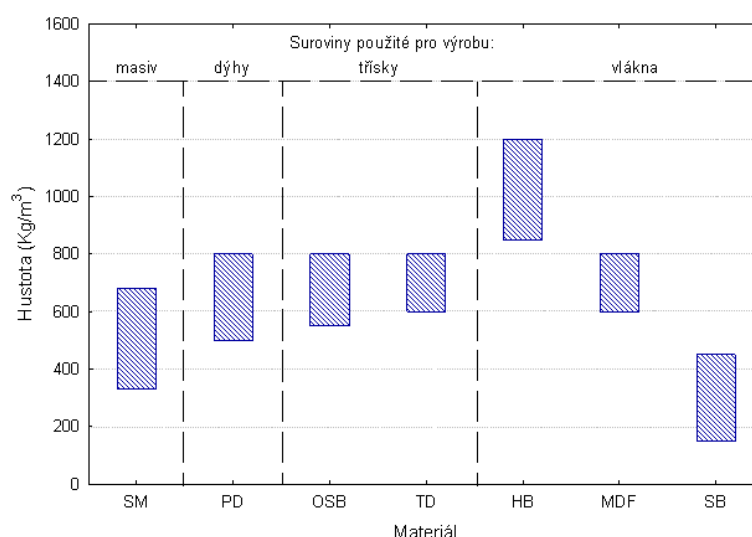
Popis dle [9]: Zleva shora: Dýhy pro výrobu překližek, velké ploché třísky pro výrobu OSB desek, bílá (papírenská) štěpka, štěpka pro výrobu třísek a vláken, třísky, vlákna.

Způsob využití jednotlivých kompozitních materiálů se nejčastěji odvozuje podle hustoty (obr. 3) nebo příčného hustotního profilu, kdy platí, že s vyšší hustotou se mechanické vlastnosti zlepšují, ale při změnách vlhkosti dochází ke většímu bobtnání [7].

Obecné pravidlo:

Čím menší velikost částic tím lepší možnost jejich formování → stoupající hustota.

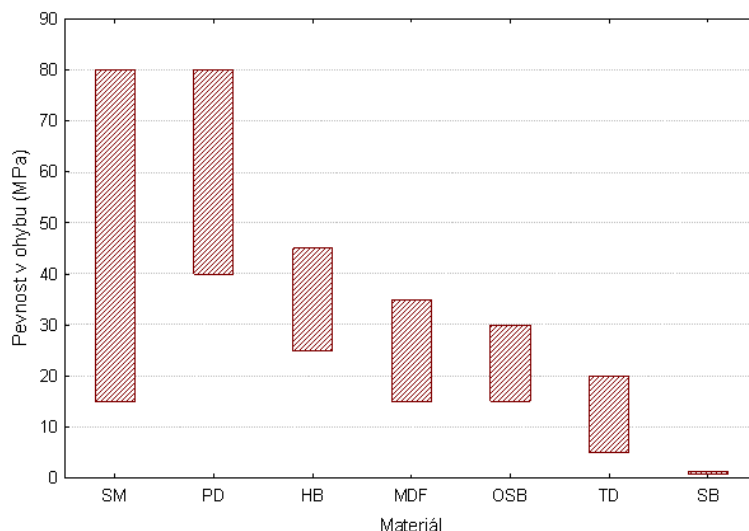
Materiály se stejnou hustotou, ale se zmenšující se velikostí části → klesající pevnost.



Obr. 3 Hustota materiálů na bázi dřeva [7]

Popis dle [7]: SM – dřevo smrku, PD – překližka, OSB – deska z plochých orientovaných třísek, TD – třísková deska, HB – tvrdá vláknitá deska, MDF – vláknitá deska se střední hustotou, SB – měkká vláknitá deska.

Mezi další charakteristické hodnoty, které mají vliv na využívání jednotlivých materiálů, patří pevnost v ohybu (obr. 4) a modul pružnosti v ohybu, které se také používají pro dimenzování stavebních konstrukcí. Mechanické vlastnosti dřeva jsou výrazně vyšší ve směru podél dřevních vláken než napříč vláknům a tudíž pevnost v ohybu materiálů na bázi dřeva je ovlivněna zejména orientací jednotlivých dřevních elementů [7].



Obr. 4 Pevnost v ohybu materiálů na bázi dřeva [7]

Popis dle [7]: SM – dřevo smrku, PD – překližka, HB – tvrdá vláknitá deska, MDF – vláknitá deska se střední hustotou, OSB – deska z plochých orientovaných třísek, TD – třísková deska, SB – měkká vláknitá deska.

Dalším důležitým faktorem pro využívání materiálů na bázi dřeva je vlhkost (obr. 5). Vysoká teplota, která působí na materiál při jeho výrobě, redukuje hygroskopicitu dřevěných částí a to způsobuje „snížení rovnovážného obsahu vlhkosti až o 3% oproti rovnovážné vlhkosti dřeviny použité k výrobě“ [7].

Obsah vlhkosti (%)			
Vlhkost vzduchu	Masivní dřevo	Překližka	Dřevotřískové desky
10	2,5	1,2	0,8
20	4,5	2,8	1,0
30	6,2	4,6	2,0
40	7,7	5,8	3,6
50	9,2	7,0	5,2
60	11,0	8,4	6,3
70	13,1	11,1	8,9
80	16,0	15,3	13,1
90	20,5	19,4	17,2

Obr. 5 Obsah vlhkosti desek na bázi dřeva v závislosti relativní vlhkosti vzduchu při 20°C [7]

2.1 Základní členění kompozitních materiálů na bázi dřeva

Překližované materiály

- Dýhy (loupané, krájené, řezané),
- Překližky (truhlářské, stavební, letecké),
- Spárovky,
- Laťovky,
- Lepené lamelové dřevo,
- Různé výlisky.

Aglomerované materiály s anorganickými pojivy

- Třískové desky (DTD, OSB desky, MFP desky),
- Vláknité desky (DVD, MDF, HDF),
- Desky z ostatních lignocelulosoových materiálů (Pazderové desky, pilinové desky),
- Ostatní aglomerované desky bez přídavku nedřevěných materiálů (TETRA K desky, voštinové desky).

Aglomerované materiály s přídavkem nedřevěných materiálů

- Materiály s přídavkem cementu (cementotřískové a cementovláknité desky),
- Materiály s přídavkem sádry (sádrotřískové a sádrovláknité desky),
- Materiály s přídavkem gumy a kaučuku (recoflex),
- Ostatní (Tetra K, Grenaisol, Grenamat).

Modifikované dřevo – dřevo speciálně upravené pomocí

- Teploty, Tlaku (lisování), Chemicky, impregnace, mikrovlnného záření [31].

V rámci zadání bakalářské práce nepatří modifikované dřevo mezi standardní kompozitní materiály.

Pro výrobu kompozitních materiálů lze použít i nedřevní materiál jako například rákos, sláma, konopí, ...

2.2 Historie výroby překližovaných a aglomerovaných materiálů

První zmínky o dýhování nás dostanou do doby 1 500 let před naším letopočtem do Egypta, kde staří Egypťané nalepovali tenké destičky ze vzácného dřeva na nábytek. Z Egypta se dýhování šířilo do Řecka, Říma a dále do Evropy. V 16. století se ve Francii začal vyrábět dýhovaný nábytek, který vyžadoval zdokonalení způsobu výroby dýh. První průmyslově vyráběné dýhy se řezaly na horizontální rámové pile. V roce 1819 byl vynalezen loupací stroj [8].

První továrny na výrobu dýh byly budovány v Německu v polovině 19. století. Rychlé zdokonalování loupacího stroje vedlo k rozvoji výroby překližek pro výrobu hudebních nástrojů a nábytku. Kvalita překližek se výrazně zlepšila na konci 19. století. První překližárna vznikla v Evropě v roce 1884 v Talinu. Termín překližka se ujal až v období první světové války, kdy nastal obrovský rozmach její výroby, hlavně pro výrobu vzducholodí a letadel. Po první světové válce byl hlavní spotřebitel překližek nábytkářský průmysl, ale také letecký průmysl a výroba lodí. Velký přelom ve výrobě překližek bylo objevení syntetických lepidel [8].

U nás vznikla první překližárna v roce 1921 v Nové Huti pod Nižborem, o rok později v Solnici. Produkovaly se dýhy, překližky, dveřovky a laťovky. Později vznikaly další závody na dýhy a překližky. Zprvu se na výrobu překližek využívaly levné dovážené suroviny (např. olše, limba a gabon). Na výrobu překližek začal jako první používat buk závod Dyas Uherský Ostroh. Během druhé světové války se využívání buku plně rozšířilo. Po válce byly vytvořeny první národní podniky – Závody na překližky a dýhy v Praze. Ty se 1.1.1950 rozdělily na České překližárny a dýhárny se sídlem v Praze a na Moravské překližárny a dýhárny se sídlem v Hodoníně. V padesátých letech se zastavil vývoj strojního zařízení pro překližkárenský a dýhárenský průmysl z důvodu nahrazení překližovaných velkoplošných materiálů aglomerovanými deskami [8].

Počátky výroby aglomerovaných materiálů nachází uplatnění ve zpracování tenkého dřeva z lesních výchovných těžeb, odřezků a drobných částic, vzniklých při řezání a zpracovávání dřeva (piliny, třísky). První patent na výrobu DTD byl zaveden v ČSR v roce 1949, desky byly ale vyvinuty v Německu ve 40. letech. Zprvu se vyráběly aglomerované materiály s neupraveným povrchem a od poloviny 70. let se povrch dokončoval laminováním. Díky aglomerovaným materiálům se odboural pojem dřevní odpad [7].

Dýhárenská a překližkárenská výroba byla přesunuta do oblastí s výskytem lacinějších surovinových zdrojů a levnější pracovní síly. V mnohých státech se výroba orientovala na nové speciální výrobky, zejména zvýšení požární odolnosti, tvarované materiály a na výrobky, jejichž účelem je náhrada masivního dřeva a jiných druhů materiálů (kov, plast) a maximální využití dekoračních vlastností masivního dřeva [8].

V České republice výroba překližek stagnuje. Dováží se levnější překližované desky z Asie. Neustále se však zvyšuje export v České republice vyrobených překližovaných desek do zahraničí. V poklesu výroby překližek hraje roli deficit kvalitní dřevní suroviny, její relativně vysoká cena a tím způsobena vysoká cena výrobku [8].

2.3 Sortiment vybraných překližovaných materiálů na trhu

Překližky mají velmi dobré mechanicko – fyzikální vlastnosti, které umožňují jejich všestranné použití [32]. Vznikají křížovým slepením tří nebo více vrstev loupaných nebo krájených dýh. Lepením dýh, na sebe kolmo ke směru vláken, se omezuje borcení a umožňuje se vytvořit desky velkých rozměrů s vynikajícími mechanickými vlastnostmi. Podle směru vláken vrchních konstrukčních dýh se překližky dělí na podélné a příčné [27]. Mechanicko – fyzikální vlastnosti dále ovlivňuje druh použité dřeviny, počet vrstev, tloušťka jednotlivých dýh, volba lepidla a úprava povrchu [7].

Překližky se dělí podle způsobu použití, respektive podle druhu použitého lepidla. Jejich vlastnosti definuje ČSN EN 636 Překližované desky – Požadavky [5]. Tato norma rozděluje desky na překližované desky pro použití v suchém prostředí (ČSN EN 636 -1), překližované desky pro použití ve vlhkém prostředí (ČSN EN 636 -2) a překližované desky pro použití ve venkovním prostředí (ČSN EN 636 -3) [32].

2.3.1 Překližky truhlářské

Jsou překližky určené pro všeobecné použití, jejich konečnou povrchovou úpravu tvoří zpravidla loupaná jehličnatá nebo listnatá dýha. Vyrábějí se v příčném i podélném provedení, oboustranně broušené (Obr. 6). Jsou lepené močovino-formaldehydovým lepidlem. Podle třídy lepení 1 jsou určeny pro vnitřní použití [27].

Vlastnosti: vysoká pevnost, houževnatost, pružnost při nízké objemové hmotnosti, rozměrová stabilita, vlhkost 6 – 12 %, zdravotně nezávadné [27].

Použití: nábytkářská a truhlářská výroba, výroba obalů, hraček a hudebních nástrojů.

Formát: 2500x1250, 2200x1250, 2440x1220, 1530x1530 mm.

Provedení [27]:

- Bez formaldehydu.
- Celobuková překližovaná deska.
- Kombi – vrchní dýha buková, ostatní vrstvy jsou tvořeny kombinací dřevin - topol, smrk, buk.

Tloušťka: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 mm.

Počet vrstev: 3, 4, 5, 7, 8, 9.



Obr. 6 Truhlářská překližka [27]

2.3.2 Překližky vodovzdorné - stavební

Vyrábějí se z loupaných jehličnatých nebo listnatých dýh (Obr. 7). Na lepení se používají vodovzdorná lepidla. Vyrábějí se v jakostech B/C, C/C, C/D [27].

Vlastnosti: odolává trvalému přímému vlivu povětrnostních podmínek a přímému působení vody [27].

Použití: desky jsou určeny jako nosná a nenosná deska pro použití ve vlhkém a venkovním prostředí. Ve stavebnictví na výrobu nosných a zpevňujících stavebních dílců, k výrobě bednění, forem, ve stavebně-truhlářské výrobě, automobilovém průmyslu, zemědělství [27].



Obr. 7 Překližka vodovzdorná (stavební) [27]

Provedení: **jehličnaté dřeviny** – smrk, borovice.

Formát: 2500x1250 mm.

Tloušťka: 5, 6, 8, 9, 9,5, 12, 15, 16, 18, 21, 22,5, 24, 28, 30 mm.

Počet vrstev: 3, 5, 7, 9, 11.

Provedení: **listnaté dřeviny** – buk.

Formát: 2500x1250 mm.

Tloušťka: 4, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 21 mm.

Počet vrstev: 3, 5, 7, 9 [27].

2.3.3 Překližky vodovzdorné stavební upravené fólií

Stavební vodovzdorné desky lepené fenolformaldehydovým lepidlem. Desky jsou z obou stran opatřeny fenolickou fólií a hrany jsou opatřeny ochranným vodovzdorným nátěrem [27].

Vlastnosti: vlhkost 5 – 12 %, objemová hmotnost 612 – 750 kg/m³, třída lepení 3 (nechráněné venkovní prostředí) [27].

Použití: ve stavebnictví na bednicí dílce, dále jako podlahy nákladních aut a přívěsných vozíků, kontejnery, plakátovací plochy a zemědělské stavby [27].

Provedení [27]:

- Oboustranně hladká – *konstrukce A* (vrchní dýha pod fólií – buk; vnitřní dýhy – podélné buk; příčné buk),
– *konstrukce B* (vrchní dýha pod fólií – buk; vnitřní dýhy – podélné topol, smrk; příčné – buk).
- Jedna strana s protiskluzovou úpravou v *provedení konstrukce B* (Obr. 8).



Obr. 8 Překližka vodovzdorná stavební upravená protiskluzovou fólií [27]

Formát: 1250x2200, 1250x2500, 1500x2500 mm.

Tloušťka: 9, 10, 12, 15, 18, 21, 25, 27, 30 mm.

Počet vrstev: 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 [27].

2.3.4 Multiplex

Celobukové překližky složené z mnoha vrstev loupaných dýh, které jsou spojeny vodovzdorným lepidlem.

Vlastnosti: vysoká pevnost, tuhost, odolnost. Jsou zdravotně nezávadné, vyhovují třídě úniku formaldehydu A (E1), pevnost v ohybu podélně s vlákny je 60 N/mm^2 , příčně s vlákny je 50 N/mm^2 , vlhkost 5 – 15 %, jsou vhodné pro použití ve vlhkém a venkovním prostředí [8, 27].

Použití: jako náhrada bukového masivu na části nábytku, vhodné na pracovní desky stolů, schodiště, výrobu ponků, reprobeden, nábytku pro laserové řezání a pevnostně namáhané díly v nábytkářském průmyslu, pro strojní průmysl [8, 27].

Provedení [27]:

- Multifine – všechny dýhy tl. 1,5 mm.
- Multiplex – povrchová dýha tl. 1,5 mm, vnitřní dýhy tl. 2,2 a 2,6 mm.
- Compact – všechny vrstvy včetně vnitřních bez otevřených trhlin a děr.

Formát: 2200x1250, 2500x1250, 2500x1500, 2500x1800 mm.

Tloušťka: 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 50 mm.

Počet vrstev: 11, 15, 17, 19, 23, 27, 31, 39 [27].

2.3.5 Překližka se sníženou hořlavostí

Jedná se o překližovanou desku, jejíž jednotlivé vrstvy jsou impregnovány speciálními roztoky. Rostoky zde plní funkci retardéru hoření [27].

Vlastnosti: zvýšená odolnost proti hoření, zdravotně nezávadné, vyhovují třídě úniku formaldehydu A (E1), objemová hmotnost je 790 kg/m^3 , pevnost v ohybu podélně s vlákny je 60 N/mm^2 , příčně s vlákny je 30 N/mm^2 , vlhkost 6 – 12%, třída lepení č. 2 (A 100) – určeny pro chráněné venkovní prostředí [22].

Použití: vnitřní vybavení veřejných budov (letišť, nádraží, sportovní haly, divadla, hotely) nebo vnitřní vybavení veřejných dopravních prostředků (tramvaje, železniční vagóny, metro).

Provedení: celobukové příčné provedení.

Formát: 1250x2200, 1250x2500 mm.

Tloušťka: 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 mm .

Počet vrstev 5, 6, 7, 9, 11, 13, 15, 18, 22, 25, 29, 34, 39 [22, 27].

2.3.6 Překližka antivibrační

Překližka, která obsahuje speciální vrstvu technické pryže o tloušťce cca 3 mm, absorbuje hluk a vibrace (Obr. 9).

Vlastnosti: zdravotně nezávadné, vyhovují třídě úniku formaldehydu A (E1), třída lepení č. 2 (A 100) – určeny pro chráněné venkovní prostředí, vzduchová neprůzvučnost je 31 dB.

Použití: při výrobě dopravních prostředků pro přepravu osob – podlahy autobusů, vlaků a tramvají.

Formát: 1250x2500, 1500x2500 mm.

Tloušťka: 16, 18, 21 mm [27].



Obr. 9 Překližka antivibrační [27]

2.3.7 Rámové lišty

Výchozím polotovarem pro rámové lišty je vrstvené lisované dřevo vyrobené z bukových dýh tloušťky 1,5 mm. Rozdíl oproti překližce spočívá v tom, že téměř všechny dýhy mají stejný směr průběhu dřevních vláken, čímž je docílena vysoká pevnost v ohybu podél vláken. Překližované desky se po opracování rozřezávají na požadované rozměry rámových lišt [27].

Vlastnosti: třída úniku formaldehydu A, vlhkost 6 – 12%, třída lepení 1 (vnitřní prostředí).

Použití: rámy postelí.

Provedení:

- Bez povrchové úpravy (broušené).
- S povrchovou úpravou (lepidlem).
- Obalované fólií.

Šířka: 40, 45, 50, 55, 60, 70 mm.

Délka: 1870, 1950, 1960, 1970 až 2500 mm.

Tloušťka: 20, 25, 30, 32, 40 mm [27].

2.3.8 Tvarové výlisky

Vyrábí se v různých tvarech a velikostech. Je možnost dodání i se sníženou hořlavostí.

Vlastnosti: třída úniku formaldehydu A.

Použití: výroba sedadel a opěradel do dopravních prostředků a pro interiéry veřejných budov.

Provedení: bukové dýhy o tloušťce 1,2 a 1,5 mm, které jsou impregnovány speciálními roztoky na snížení hořlavosti.

Formát: max. délka 1250 mm, max. šířka 650 mm.

Tloušťka: 4 – 20 mm [27].

2.3.9 Lat'ovky

Jsou tvořeny latkovým středem oboustranně křížově přelepeným loupanou dýhou (Obr. 10).

Vyrábějí se ve formátech 1220 x 2440 mm a v tloušťkách 16 až 39 mm [7, 27].

Vlastnosti: částečně eliminovaný anizotropní charakter masivního dřeva, dobrá rovinná stálost, vysoká pevnost v ohybu ve směru orientace latěk, levnější než překližky.

Použití: obaly a podlahy.

2.3.10 Biodesky

Jsou třívrstvé desky z rostlého dřeva, které vzniknou křížovým slepením tří vrstev spárovek (deska vytvořená šířkovým slepením jednotlivých přířezů masivního dřeva). Síla středové vrstvy a povrchových lamel je různá a určuje konečnou tloušťku desky. Desky určené pro stavebnictví se opatřují nátěry omezující navlhavost. Biodesky (Obr. 11) patří k nejdražším materiálům [7, 27].

Vlastnosti: má charakter masivního dřeva, nízký obsah lepidla zaručuje zdravotní nezávadnost, vysoká pevnost v ohybu, tvarová stálost [7].

Použití: nejčastěji se používají ve truhlářství, ale najdou uplatnění i ve stavebnictví pro nosné konstrukce šikmých střech, konstrukční prvky, nosníky, opláštění stěn dřevostaveb, nebo jako bednicí dílce [7].



Obr. 10 Latovky [27]



Obr. 11 Biodesky [27]

2.4 Sortiment vybraných aglomerovaných materiálů na bázi dřeva

Velkoplošné deskové materiály vyrobené slepením dřevních částic (třísky, vlákno, piliny) lepidlem za pomoci teploty a tlaku [31]. Snaha vyrobit materiál podobných vlastností jako má překližka, ale z levnějších surovin. Využívají se rychle rostoucí (levnější) dřeviny, které nemají uplatnění v překližkárenském průmyslu [7].

2.4.1 OSB desky (Oriented Strand Board)

Jsou víceúčelové desky vyráběné speciální technologií lepení orientovaných dřevěných třísek, ve třech na sebe kolmých vrstvách, za užití tlaku a tepla. Na vrchní a spodní vrstvě jsou třísky orientovány podélně, ve středové vrstvě příčně. Rozměry, tvar a orientace třísek udávají mechanicko – fyzikální vlastnosti desek. Na mechanicko – fyzikální vlastnosti má také vliv druh použité dřeviny, obsah vlhkosti, množství a typ lepidla a lisovací parametry. Desky mají výrazné rozdíly vlastností v hlavních směrech, proto je nutné zohlednit směr orientace třísek a využít pevnějšího směru desky. Desky neobsahují přirozené vady dřeva. Vyrábí se s rovnou hranou (Obr. 12) nebo hranou vyfrézovanou na pero a drážku [7, 27].



Obr. 12 OSB deska [7]

Vlastnosti: Nízká hmotnost, vysoká pevnost v podélném směru, odolnost proti působení vlhkosti (OSB/3, 4), přizpůsobení účelu použití, efektivita využití přírodního materiálu a malá zatížitelnost životního prostředí, z důvodu minimální spotřeby chemických látek při výrobě [7, 27].

Použití: OSB desky se využívají ve stavebnictví na stejné účely jako překližka, kterou postupně nahrazují. Například jako konstrukční materiál stěn a podlah u dřevostaveb. Na bednění střech pod živičné krytiny (Obr. 13). Výroba I-nosníků a sendvičových panelů, obaly, palety, bednění [7, 27].



Obr. 13 Záklop krovu z OSB/3 na pero a drážku

Provedení (základní typy dle ČSN EN 300):

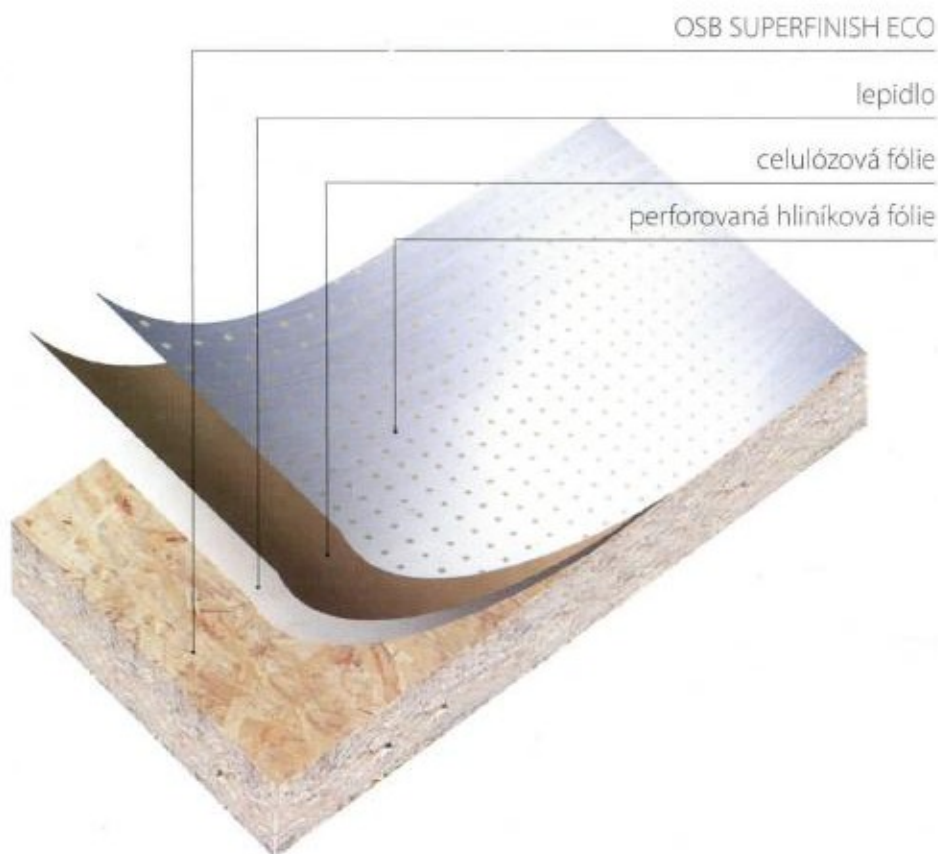
- **OSB/1** – desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí,
- **OSB/2** – Nosné desky pro použití v suchém prostředí,
- **OSB/3** – Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí,
- **OSB/4** – Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí.

Provedení (speciální typy) [27]:

- **OSB Superfinish** – Vyrábějí se z kvalitního jehličnatého dřeva, lepeny syntetickými pryskyřicemi, neobsahují vady (suky, praskliny).
- **OSB Superfinisch ECO** – splňují požadavky pro ekologicky zaměřené stavby, k lepení se používají pojiva na bázi polyuretanových pryskyřic, která jsou zcela bez formaldehydu. Využívá se v interiérech a nábytkářském průmyslu.
- **OSB Firestop ECO** – základem je deska Superfinish ECO doplněná o speciální retardéry hoření. Desky mají zvýšenou požární odolnost.
- **OSB Airstop ECO** – základem je deska Superfinish ECO, na kterou je aplikovaná speciální fólie na bázi celulózy, která zvyšuje neprůvzdušnost a difúzní odpor.
- **OSB Reflex ECO** – Na desku Superfinish ECO je aplikovaná speciální reflexní hliníková fólie s celulózovým podkladem (Obr. 14), která účinně omezuje přenos

sálavého tepla. Využívá se v dřevostavbách na opláštění stěn a střechy pro pasivní a nízkoenergetické stavby.

- **OSB Ply** – Na OSB/3 se z obou stran aplikuje tenká technická dýha, která zvyšuje nosnost desky a rozšiřuje její využití (finální obložení stěn, podhledů).



Obr. 14 OSB Reflex ECO [27]

Tloušťka: 10, 12, 15, 18, 22, 25 mm.

Formát: 2500 x 1250, 2500 x 625 mm [27].

2.4.2 Dřevotřískové desky (DTD)

Dřevotřískové desky jsou nejrozšířenějším a nejlevnějším aglomerovaným materiálem. K jeho výrobě se využívá zbytkové dřevo nejrůznějšího druhu. Desky se vyrábějí jako jednovrstvé nebo třívrstvé. Povrchové vrstvy u třívrstvé desky jsou vyrobeny z jemnějších třísek (hladký povrch, homogenita), střed desky je z tzv. lístkových (větších) třísek, které zajišťují vyšší pevnost desky (Obr. 15). Jsou spojeny organickým pojivem za pomoci tepla a tlaku [7].

Vlastnosti: hladký (broušený) povrch, desky mají horší mechanické vlastnosti oproti masivnímu dřevu, ale mají nižší roztažnost vlivem vlhkosti [7, 27].

Použití: výroba nábytku, obaly nebo jako nosná vrstva dýhovaných a laminovaných podlahovin [7], ve stavebnictví jako podklad pod podlahové krytiny, nebo opláštění stěn a příček [27].



Obr. 15 DTD pro použití v suchém prostředí [7]

Provedení:

- P1 – desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí,
 - P2 – desky pro vnitřní vybavení pro použití v suchém prostředí,
 - P3 – nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí,
 - P4 - nenosné desky pro použití v suchém prostředí,
 - P5 – nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí,
 - P6 – zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití v suchém prostředí,
 - P7 - zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí.
-
- QSB – jednovrstvá třísková deska (odpovídá typu P5),
 - FireBoard- dřevotřísková třívrstvá deska P2 se zvýšenou požární odolností. Barva desky je pro lepší orientaci zbarvena do červena.

2.4.3 DVD – Dřevovláknité desky

DVD se vyrábějí v celé škále tvrdostí a tloušťek s rozdílnými úpravami povrchu. Vyrábí se ze štěpky, která se následně hydrotermickou úpravou rozvlákní na vlákna. Vlákna jsou dále

vrstvena a lisována rozdílným tlakem za použití lepidla (někdy bez lepidla) a vznikají tak velkoplošné měkké, polotvrdé nebo tvrdé desky s jemnou strukturou. Hustota desek závisí na stupni lisování a zásadně ovlivňuje mechanicko – fyzikální vlastnosti [7].

Provedení:

- **Měkké dřevovláknité desky** – hustota nižší než 400 kg/m^3

Desky se vyrábějí v tloušťkách 6 až 120 mm s rovnou hranou nebo na pero a drážku (P+D).

Vlastnosti: Desky mají přírodní charakter (biologická nezávadnost), je to difúzně otevřený izolační materiál (umožňuje prostup vlhkosti), dobré zvukové a izolační vlastnosti, hmotnost okolo 250 kg/m^3 , jednoduché zpracování.

Použití: izolační nebo výplňový materiál dveří, tepelné a zvukové izolace vnějších stěn, příček, podkroví a stropů. Podklad pod podlahy [7].



Obr. 16 Měkká dřevovláknitá deska [7]

- **Polotvrdé dřevovláknité desky (MDF)** – hustota od 400 do 900 kg/m^3

Desky lze lakovat, laminovat, dýhovat. Jsou ale dražší než DTD desky.

Vlastnosti: homogenita desky umožňuje čisté opracování ploch a profilování boků desek, poměrně vysoká pevnost v tahu kolmo na plochu.

Použití: výroba nábytku (díly s reliéfovými plochami, kuchyňská dvířka) [7].



Obr. 17 MDF s laminovaným povrchem [7]

- **Tvrdé dřevovláknité desky (HDF)** – hustota větší než 900 kg/m^3

Vyrábí se v tloušťkách 2 – 6 mm.

Vlastnosti: tvrdá a homogenní deska, Má pevný povrch, který lze laminovat, dýhovat nebo na něj lepit fólie.

Použití: výroba nábytku, záda skříní a dna zásuvek, žebra stropních nosníků, desky s laminovaným povrchem můžou sloužit pro výrobu podlahových materiálů (tzv. plovoucí podlahy) [7].



Obr. 18 Tvrdá dřevovláknitá deska [7]

2.4.4 Voštinové desky

Voštinová deska (Obr. 19) je tvořena středovou výplní, která je vložena do obvodového rámu a následně je oboustranně nalepen plášť z tvrdé vláknité desky. Obvodový rám může být z jehličnatého masivního řeziva nebo z hranolků z MDF. Středová výplň se může skládat z příčných a podélných pásků z tvrdé vláknité desky, nebo z papírové voštiny. Do desky je možno vyřezat otvor, kolem kterého je nutné vlepit zpevňující rám [7, 8].

Voštinové desky se produkují v surovém provedení, nebo s povrchovou úpravou (nátěry, dýhování, kaširovací fólie). Desky se vyrábí v tloušťce 20, 30 a 34 mm v libovolném rozměru, maximálně však 1200 x 2500 mm [7, 8].

Vlastnosti: nízká objemová hmotnost, tvarová stabilita [8].

Použití: Výroba nábytku, stavebně truhlářská výroba – výroba dveří [8].



Obr. 19 Voštinová deska: MDF rám opláštěný HDF deskou, vnitřní výplň je papírová voština [29]

2.5 Sortiment aglomerovaných materiálů s přídavkem nedřevěných materiálů

Aglomerované materiály s přídavkem nedřevěných materiálů jsou takové materiály, které kromě dřevní, nebo lignocelulosové hmoty obsahují i značný poměr nedřevěných materiálů jako je cement, sádra, guma, kaučuk nebo plast, které slouží jako pojivo [31].

2.5.1 Cementotřískové desky – CTD

CTD se vyrábí lisováním dřevních částic pojených hydraulickým cementem (portlandským výjimečně hořecnatým), pro lepší vlastnosti se přidávají další přísady (barviva). Pro výrobu těchto desek se používá převážně smrk, jedle nebo topol, protože neobsahují extraktivní látky

(třísloviny, pryskyřice, tuky), které působí jako inhibitory – zpomalují nebo úplně znemožňují vytvrzování cementu [31].

CTD rozlišujeme podle tvaru dřevních částic a hustoty [31]:

- Lehké stavební desky z dřevní vlny (hustota do 450 kg/m^3),
- Cementotřískové desky střední hustoty z hrubých třísek ($450 - 600 \text{ kg/m}^3$),
- **Cementotřískové desky vysoké hustoty z jemných třísek** (nad 850 kg/m^3) – tyto desky známe pod obchodním názvem **Cetris**.

Vlastnosti: relativně lehké desky, lehce opracovatelný, odolné vůči hnilobě, houbám, hmyzu i působení vlhkosti. Hygienicky nezávadný, mrazuvzdorný, zvukově izolační, nehořlavý [7, 27].

Použití: stěnové a zvukově izolační desky, fasádní systém (obklady, odvětrané fasády), podlahové systémy, požární systémy, podhledy a sokly, ztracené bednění, balkónové zábradlí, dopravní stavby (mosty, protihlukové stěny) [27].

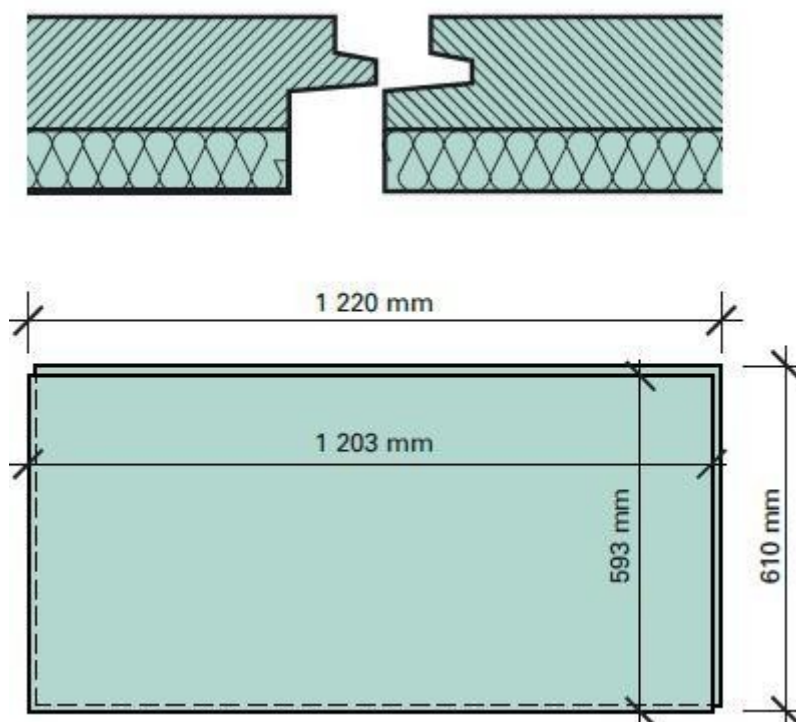


Obr. 20 CTD Cetris zleva: Basic, profil, finish [31]

Provedení [27, 31]:

- CETRIS BASIC – CTD s hladkým šedocementovým povrchem (Obr. 20).
- CETRIS PD – CTD o rozměrech $1250 \times 625 \text{ mm}$ včetně pera a drážky určená pro technologie suchých podlah.
- CETRIS PDB – CTD ($1250 \times 625 \text{ mm}$) kalibrovaná broušením, určená pro technologie suchých podlah.
- CETRIS PROFIL – CTD ($1250 \times 3350 \text{ mm}$, tl. 10 nebo 12 mm) jejíž povrch tvoří reliéf imitující strukturu dřeva nebo břidlice se používá jako fasádní obkladová deska (Obr. 20).
- CETRIS PLUS – CTD ($1250 \times 3350 \text{ mm}$, tl. 8 – 32 mm) s hladkým povrchem. Na obou stranách a všech hranách je nanesen základní nátěr bílé barvy.

- CETRIS PROFIL PLUS - CTD (1250 x 3350 mm, tl. 10 nebo 12 mm) jejíž povrch tvoří reliéf imitující strukturu dřeva nebo břidlice. Na obou stranách a všech hranách je nanesen základní nátěr bílé barvy.
- CETRIS FINISH – CTD (1250 x 3350 mm, tl. 10 – 32 mm) s hladkým povrchem opatřeným základním podnátěrem a finální barvou (Obr. 20).
- CETRIS PROFIL FINISH – CTD (1250 x 3350 mm, tl. 10 nebo 12 mm) jejíž povrch tvoří reliéf imitující strukturu dřeva nebo břidlice. Deska je opatřena základním podnátěrem a finální barvou. Použití jako fasádní obkladová deska.
- CETRIS AKUSTIC – vrtaná CTD CETRIS BASIC (1250 x 625 mm, tl. 8 a 10 mm) pro použití jako pohltivý akustický obklad.
- CETRIS PDI – sendvičový dílec (34x1220x 610 mm) opatřený perem a drážkou (Obr. 21). určený pro suché podlahy. CTD tl. 22 mm slepená s izolační DVD tl. 12 mm.



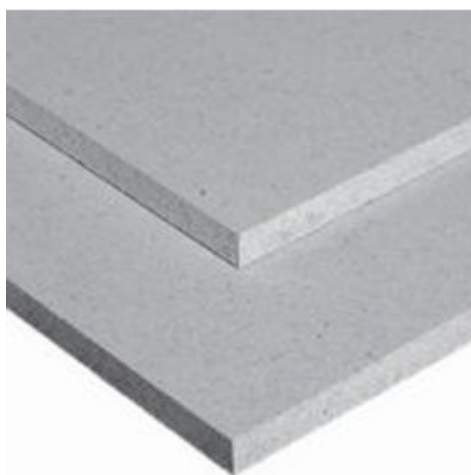
Obr. 21 Cetris PDI – sendvičový dílec pro technologii suché podlahy [27].

2.5.2 Sádroláknité desky – SVD

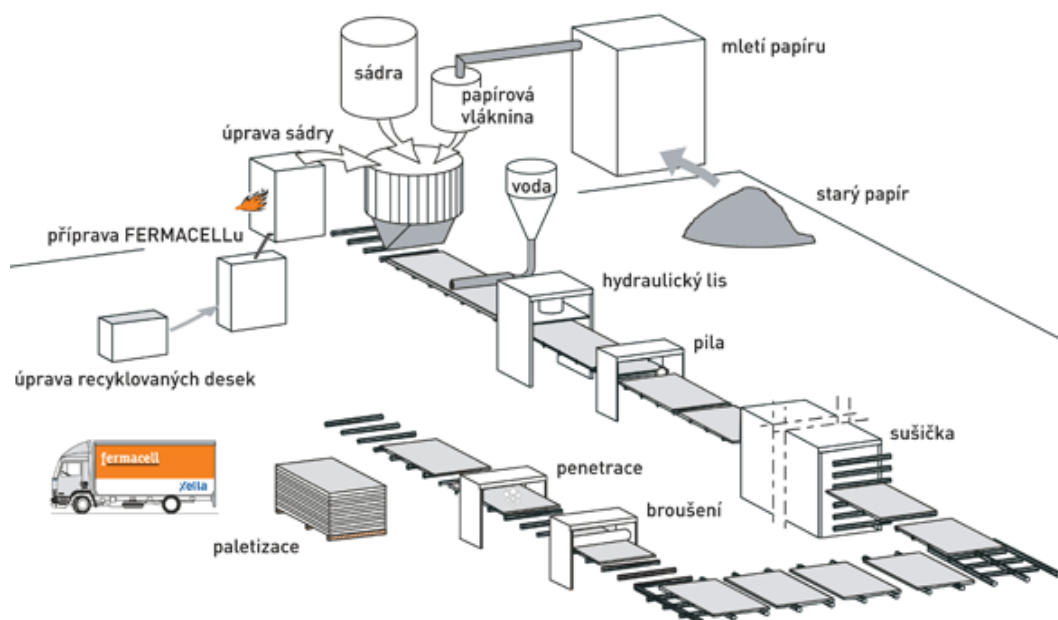
Vyrábí se ze sádry, vláknité suroviny (dřevo, starý papír), vody a malého množství přídavných látek pro regulaci doby vytvrzování. SVD se vyrábí mokrým nebo polosuchým způsobem. Jsou to homogenní, nehořlavé snadno obrobitelné desky využitelné ve stavebnictví

pro suchý způsob výstavby. Jejich povrch se dá upravovat dýhováním, foliováním nebo tapetováním. Vyrábějí se ve formátech 2500 – 3600 – 6000 mm x 1250 – 2500 mm v tloušťkách od 6,5 do 25 mm [31].

Na trhu najdeme SVD pod obchodním názvem **Fermacell** od firmy Xella, které se lisují pouze ze sádky, papírových vláken a vody (Obr. 22). Schéma výroby SVD je zobrazeno na Obr. 23. Další typ je univerzální SVD **Rigidur** (firma Rigips), ta se lisuje pod vysokým tlakem ze směsi sádky, papírových vláken, minerálních přísad a vody. Tyto desky se používají pro staticky namáhané prvky [31].



Obr. 22 SVD [23].



Obr. 23 Schéma výroby SVD Fermacell [23]

Vlastnosti: Hygienicky nezávadné, hladký povrch, zvukově izolační, odolné proti vlhkosti, nehořlavé, vysoká pevnost [23, 33].

Použití: nosné i nenosné opláštění stěn v dřevostavbách, opláštění požárních stěn, příček, stropů, podhledy, venkovní opláštění v chráněné expozici (pobití přesahů střechy) [23, 33].

2.5.3 Protipožární desky GRENAMAT

Základní složkou pro výrobu desek GRENAMAT je expandovaný vermikulit (fylosilikát složený z magnézia, hliníku a železitého silikátu. Mnohonásobně se rozpíná při zahřívání – exfoliace) a speciální anorganické pojivo, které zabezpečuje odolnost proti vysoké teplotě do 1300 °C. Vyrábí se v rozměrech 800 x 600, 1000 x 610 mm (tl. 15 – 80 mm) a 1220 x 2440 mm (tl. 8 – 55 mm) [31, 24].

Provedení [31] :

- GRENAMAT A – vyrábí se lisováním za tepla z expandované slídy (vermikulit),
- GRENAMAT B – vyrábí se z dřevní třísky a expandované slídy,
- GRENAMAT C – vyrábí se jako jednovrstvá deska s požární, tepelnou a zvukovou odolností z expandované slídy a dřevní hmoty.



Obr. 24 Protipožární deska GRENAMAT [31]

Vlastnosti: desky odolávají vysokým teplotám, jsou zvukově a tepelně izolační, ekologicky nezávadné (neobsahují asbestová, minerální ani skelná vlákna), tvarově stálé i při vyšších teplotách a snadno obrobitelné. Objemová hmotnost je 400 – 800 kg/m³. Vzhledově jsou podobné s DTD a DVD [24, 31].

Použití: ochrana stavebních konstrukcí (obklad stěn, stropů, podhledů) před požárem, GRENAMAT C se používá jako výplň protipožárních dveří [31].

2.5.4 Desky GRENAISOL

Desky se vyrábí z exfoliovaného vermikulitu a speciálního anorganického pojiva, které zabezpečuje vysokou odolnost proti teplotním šokům a teplotám do 1250 °C. Vyrábí se v tloušťkách 30, 40 a 50 mm ve formátu 800 x 600 nebo 1000 x 610 mm a lze na ně nanášet tenkostěnné omítky nebo je obložit obkladem [25, 31].



Obr. 25 Desky GRENAISOL [31]

Vlastnosti: zdravotně nezávadné (neobsahují asbestová, minerální ani skelná vlákna), dostatečná pevnost (pevnost v tlaku 1,2 MPa, pevnost v ohybu 0,4 MPa) a mechanická stabilita, vysoký elektrický odpor a nízká tepelná vodivost [31], obrobitelné běžnými nástroji, spojování pomocí lepidla nebo šroubů, snadná manipulace, objemová hmotnost 430 kg/m³ [25].

Použití: konstrukční materiál pro stavbu krbů a kachlových kamen, izolace zdí za zdrojem tepla [31].

2.5.5 Dřevoplastové kompozity (WPC)

Jsou materiály vyráběné ze dřevních částic (piliny, třísky, vlákna) a polymeru (vysokotlaký polyetylén nebo polypropylen). Často se do WPC přidávají i přísady jako smáčedla, pojiva, UV stabilizátory atd.). Poměr dřevěné složky je nejčastěji 60 % a polymeru 40 %, liší se však podle výrobce a výrobní technologie [7].

Vlastnosti: různé vlastnosti dle použitých surovin. Jsou odolné proti zvýšené vlhkosti, mrazu i UV záření, rozměrově stálé, trvanlivé, odolávají atmosférické korozi, nevýhodná vyšší hustota WPC je vyřešena vylehčenými profily (obr. 28). Výrobce WoodPlastic udává nosnost 450 kg/m^2 [7, 36].

Použití: hlavně v exteriéru na podlahy teras (obr. 26), obložení staveb, střešní krytina. Nebo jako plotovky (obr. 27) [7, 36].



Obr. 26 Plný podlahový dílec WoodPlastic s imitací dřeva [36] Obr. 27 Plotovka WoodPlastic [36]

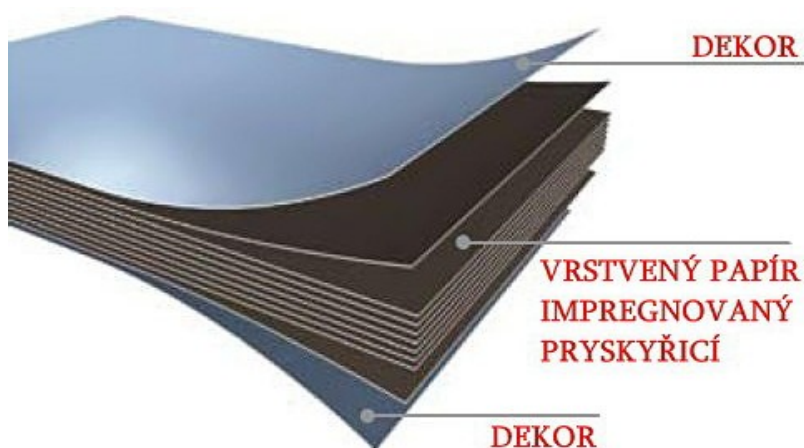


Obr. 28 Vylehčený podlahový dílec od firmy GRENADECK [31]

2.5.6 Vysokotlaké lamináty (HPL)

HPL je materiál s vysoce odolným povrchem rozmanitých struktur a barev, který si dlouhodobě uchovává své vlastnosti. Struktura povrchu je zajištěna druhem použitého lisovacího plechu. Povrch z HPL je mnohonásobně odolnější než povrch u laminovaných dřevotřískových desek [28].

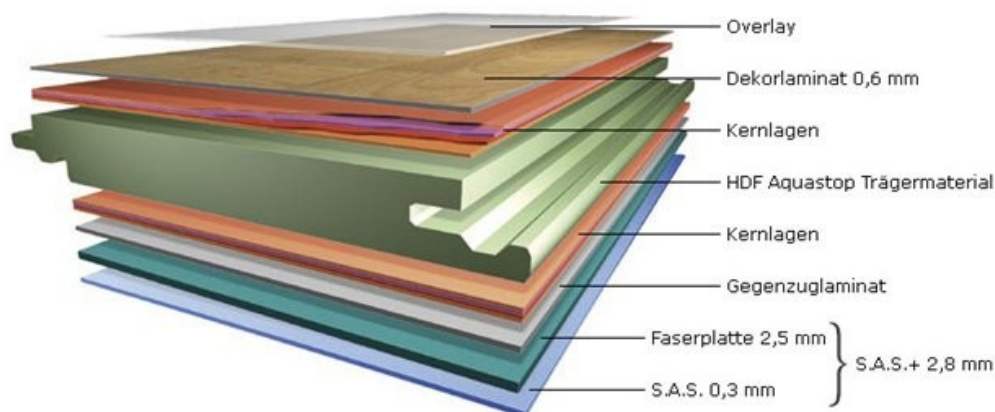
HPL se vyrábí ze souboru papírů naimpregnovaných syntetickými pryskyřicemi [7] (několik vrstev podkladového papíru, dekoračního papíru a průsvitné ochranné fólie), které jsou stlačeny vysokým tlakem (cca 9 MPa) a působením vysoké teploty (cca 130 – 160 °C) jsou všechny vrstvy zapečeny a spojeny [7, 28]. Tímto vznikají **lamináty** tloušťky od 0,6 mm do 2 mm a více. HPL tlusté nad 2 mm nazýváme **kompaktní desky** (obr. 29) [28]. Kompaktní desky se dodávají v rozměrech 2800 x 1300, 2800 x 2040, 3050 x 1300 a 5580 x 2040 mm [27].



Obr. 29 Kompaktní deska HPL [27]

Vlastnosti: vysoká odolnost povrchu proti mechanickému poškození, působení teploty do 180 °C a proti vlhkosti. HPL vykazuje dlouhodobou životnost a stálost barev [28]. Hustota desky je 1400 – 1500 kg/m³ [7].

Použití: v interiéru na obložení stěn, výroba nábytku, pracovních stolů, podlahy (obr. 30) [28], magnetické tabule, bowlingové dráhy, výplně dveří. V exteriéru jako fasádní desky pro opláštění lodžii, stěn, výplně zábradlí [31].



Obr. 30 podlahový dílec z HPL[31]

2.6 Sortiment modifikovaného dřeva – dřevo speciálně upravené

Modifikací dřeva zachováváme nebo zlepšujeme pozitivní vlastnosti dřeva (pevnost, pružnost, nízká hmotnost) a eliminujeme negativní vlastnosti (rozměrová nestabilita, opotřebitelnost). Modifikace přináší i možnost barevných změn v celém průřezu. Modifikaci provádíme pomocí teploty, tlaku (lisování), chemicky, impregnace nebo mikrovlnného záření [31].

2.6.1 Thermowood

Je finský produkt vyráběný speciálním patentovaným procesem tepelné úpravy dřeva (Obr. 31). Vzniká tak materiál s vlastnostmi srovnatelnými s tvrdými a vysoce odolnými dřevinami jako je např. červený cedr [14].



Obr. 31 Thermowood při působení rozdílných teplot [35]

Provedení:

- **Thermo – S** (stabilita, vzhled)
relativně odolné, vlhkost 6-8 %,
- **Thermo – D** (odolnost, vzhled)
Vlhkost 5-6 %.

Vlastnosti: výrazně zvýšená trvanlivost a odolnost proti hnilobě a napadení dřevokaznými houbami. Snížení vlhkosti materiálu o více než 50 %, tímto nedochází k bobtnání a sesychání materiálu. Nedochází k přirozeným deformacím dřeva (kroucení, vydutí). S vyšší teplotou při výrobním procesu je barva materiálu tmavší (v celém průřezu) [14].

Tab. 1 Shrnutí změn vlastností Thermowoodu při použití měkkého dřeva [34]

Jehličnaté dřevo (borovice, smrk)	Thermo - S	Thermo - D
Teplota	190 °C	212 °C
Odolnost proti povětrnostním vlivům	+	++
Rozměrová stálost	+	++
Pevnost v ohybu	Bez změny	-
Barva	+	++

Tab. 2 Shrnutí změn vlastností Thermowoodu při použití tvrdého dřeva [34]

Listnaté dřevo (bříza osika)	Thermo - S	Thermo - D
Teplota	185 °C	200 °C
Odolnost proti povětrnostním vlivům	Bez změny	+
Rozměrová stálost	+	+
Pevnost v ohybu	Bez změny	-
Barva	+	++

Použití: viz tabulka 3 a 4.

Tab. 3 Použití Thermowoodu Thermo – S [34]

Thermo – S Měkké dřevo	Thermo – S Tvrdé dřevo
Stavební prvky, nábytek na suché vozovce, zahradní nábytek, lavičky do sauny, dvevní a okenní prvky	Nábytek, podlahy, struktura sauny, zahradní nábytek

Tab. 4 Použití Thermowoodu Thermo – D [34]

Thermo – D Měkké dřevo	Thermo – D Tvrdé dřevo
Obložení, rolety, dveře, koupelnový a saunový nábytek, podlahy a zahradní nábytek	Stejně jako Thermo – S, je to materiál s tmavší barvou



Obr. 32 Podlahová krytina Thermowood [35]

2.7 Sortiment kompozitních materiálů na bázi dřeva pro nosné účely

Kompozitní materiály na bázi dřeva pro nosné účely byly vyvinuty díky stále vzrůstajícím architektonickým nárokům na stavby. Tyto materiály nahrazují trámy z masivního dřeva především proto, že neobsahují suky, trhliny ani žádné růstové vady. Poměr mezi hmotností a pevností u těchto materiálů je lepší než u ocelových nosníků [7].

2.7.1 Vrstvené dřevo – LVL (Laminated Veneer Lumber)

LVL je překližovaný materiál, vyrobený slisováním sestaveného souboru dýh, uspořádaných v podélném směru (vyšší pevnost dřevních vláken než v příčném směru). Dýhy se vyrábí ze smrku, břízy nebo buku. Kvalita vrchních dýh je před lisováním vizuálně kontrolována. Po slisování se deskový materiál rozřeže na nosníky požadovaných rozměrů (tloušťky 19 až 90 mm, šířka je 100 až 1200 mm a délka 2,5 až 25 m) [7, 8].



Obr. 33 Microllam LVL [21]

KERTO – LVL vyráběné ve Finsku (Finnforest). Vyrábí se jako velkoformátový materiál z loupaných dýh (tl. od 3 mm) z měkkého dřeva. Následně je rozřezán na trámy, prkna nebo panely dle požadovaných rozměrů [30].

Provedení [7, 8, 30]:

- **KERTO – S** – všechny dýhy mají rovnoběžný (podélný) směr vláken, vykazuje vysoké pevnosti.

Vlastnosti: běžné tesařské opracování, vysoká zatížitelnost, nízká hustota cca 500 kg/m³, snadný transport a lehká montáž, nenáchylné ke tvorbě trhlin a borcení, minimální tepelné mosty ve srovnání s ocelí.

Použití: nosníky, trámy, příhradové konstrukce, vazníky, vaznice, krokve, zesílení nosníků a vaznic, lešenářské a konstrukční mostiny, nosníky pro bednění, lamely pro konstrukce z lepených lamelových nosníků.

- **KERTO – Q** – každá šestá dýha je lepena příčně. Je to velkoplošný materiál ze dřeva s vysokou pevností.

Vlastnosti: vysoká pevnost, vysoká zatížitelnost, umožňuje velká rozpětí, rychlost pokládky, broušené desky mohou sloužit jako podhledy.

Použití: výztužné desky, nosné záklopy střech a stropů, střešní a akustické podhledy, mostní obklady, nosníky a vazníky příčně namáhané, styčnickové desky, skladové a pracovní plošiny.

- **KERTO – T** – Použití na opláštění nosných i nenosných zdí.
- **KERTO – Ripa** – Ideální element dlouhého rozpětí střech a řešení podlah.

Microllam – výrobce TimberStrand (Obr. 33, 34)

Provedení [7]:

- **Microllam Typ A** – dýhy jsou náhodně překryté a slisované.
- **Microllam Typ B** – konce dýh jsou spojené na klínový spoj.



Obr. 34 Vrstvené dřevo – Microllam [7]

2.7.2 Parallam – PSL (Parallel Stand Lumber)

Překližovaný materiál, který se vyrábí z jedle, douglasky nebo kanadské jižní borovice. Dýhy jsou po vysušení rozstříhány na pásky tlusté 3 mm, široké 13 mm a dlouhé až 2,4 m. Proužky dýh se uspořádají tak, aby průběh vláken byl rovnoběžný, a poté se na ně nanáší PF lepidlo. Pomocí mikrovlnného ohřevu jsou proužky dýh slisovány pod tlakem. PSL je vyroben jako kompaktní hranol (Obr. 36) max. průřezu 285 x 400 mm a délky až 20 m [7, 8].



Obr. 35 Parallam PSL – nosník [21]



Obr. 36 Parallam [7]

Vlastnosti: Hustota PSL je $670 - 720 \text{ kg/m}^3$, má vyšší pevnosti v tlaku v porovnání s klasickým dřevem a nemá přírodní vady jako dřevo. Větší stejnorodost a zatížitelnost než dosud známe lepené materiály podobného charakteru a rozměrová stálost. Obrábí se stejně jako dřevo (řezání, vrtání, spojování pomocí hřebíků) [8].

Použití: trámy (Obr. 35), vaznice, sloupy, nosníky a překlady pro vysoká zatížení a dlouhé vzdálenosti [8].

2.7.3 Intrallam – LSL (Laminated Strand Lumber)

LSL (Obr. 37, 38) se vyrábí z velkých třísek (dlouhých 300 mm, širokých 30 mm) z osikového dřeva. Třísky se nanášejí polyuretanovým (bezbarvým) lepidlem, formují a lisují se do velkoplošného materiálu o tloušťce cca 140 mm. Z desek se pak vyrábí přířezy požadovaných rozměrů (nosníky nebo plošný materiál) [7].



Obr. 37 Intrallam LSL [21]

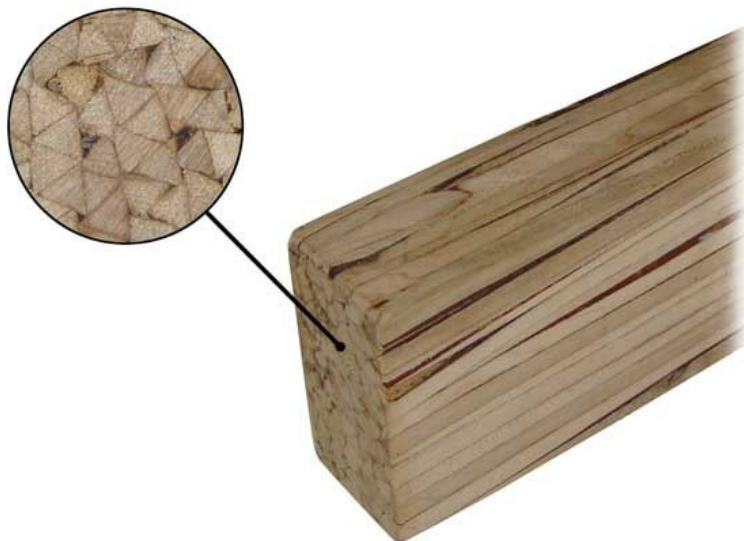


Obr. 38 Intrallam [7]

Použití: levnější varianta vrstveného dřeva, použití i na obloukové prvky [7].

2.7.4 DeltaStrand – TSL (Triangular Strand Lumber)

Pro výrobu těchto nosníků (Obr. 39) se využívají dřeviny s vyšší hustotou (javor, buk). Z asi 1,2 m dlouhých přířezů se vyrábí dřevěné částice o průřezu rovnostranného trojúhelníka s délkou strany 9,5 mm. Na tyto trojúhelníky se nanese voděodolné lepidlo, poté jsou formovány a orientovány rovnoběžně s delší stranou nosníku [7].



Obr. 39 DeltaStrand TSL [7]

2.8 Dřeviny používané pro výrobu překližek

Pro výrobu překližek se v současnosti používá velké množství dřevin (ořech, javor, **bříza**, hruška, dub, **buk**, jasan, jilm, třešeň, **olše**, **topol**, osika, lípa, **smrk**, jedle, **borovice**, modřín. Z dovážených exotických dřevin to je meranti, ceiba, mahagon, sapeli, ovangol, koto, limba, okumé atd. [8].

Jakost evropské kulatiny pro výrobu dýh a překližek musí odpovídat kvalitativním znakům, které se hodnotí pomocí délkových rozměrů, tloušťky čepu (dle druhu dřeviny), suků (otevřené a zarostlé), trhlin (dřeňové, odlupčivé, mrazové a vysušené), nepřirozeného zbarvení jádra, nepravého jádra, hniloby jádra nebo běli, sbíhavosti, jednoduché křivosti, točitosti a poškození hmyzem. Další vady kulatiny jsou např. zapaření, zkřivení, svalovitost, mechanické poškození atd. [8].



Obr. 40 Suky otevřené, zarostlé [16]



Obr. 41 Trhlina zleva: boční výsušná, čelní dřeňová [16]



Obr. 42 Nepravé jádro u buku [16]

Obr. 43 Hniloba jádra [16]



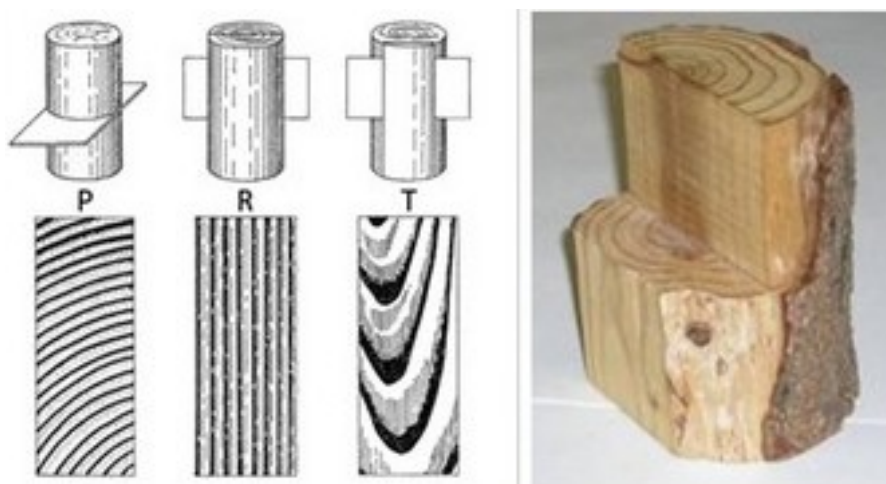
Obr. 44 Sbíhavost [16]

Obr. 45 Točitost odkorněného kmene [16]

Obr. 46 Jednoduchá křivost [16]

Tropické surové dřeviny používané v našich překližkách a dýhárnách musí odpovídat jakostem publikovaným mezinárodní technickou společností pro tropické dříví. (dřevo jakosti A musí být využitelné pro výrobu překližek a dýh ze 100%, A/B z 87,5 %, jakost B ze 75%, jakost B/C ze 62,5 % a dřevo jakosti C alespoň z 50 %) [8].

K výrobě dýh je nutné znát stavbu dřeva (tvorba jarního a letního dřeva, šířka a zbarvení letokruhů, velikost a hustota dřevových paprsků atd.) a jejich kvalita závisí na směru řezu, kterým se dýha odděluje (obr. 47). Při vedení řezu radiálním směrem získáme texturu hladkou, páskovou. Tangenciálním řezem dosáhneme textury fládové, očkové a nepravidelné [8].



Obr. 47 Schématické znázornění základních řezů kmenem, P – příčný (transversální) řez, R – radiální řez, T – tangenciální řez [17]

2.9 Výroba překližovaných materiálů

Před samotnou výrobou překližek je nutné si říci i o přípravě suroviny pro výrobu dýh a o výrobě dýh.

2.9.1 Příprava suroviny:

O dýhárenskou kulatinu pečujeme při celém procesu pěstování, těžby (vhodná doba těžby v ČR je v zimě), skladování i dopravy. Před výrobou dýh surovinu uskladníme (chráníme tak před znehodnocením) a ošetřujeme, abychom zabránili vzniku výsušných trhlin, hniloby, zabarvení dřeva nebo poškození dřeva hmyzem.

Rozlišujeme 4 způsoby uskladnění [8]:

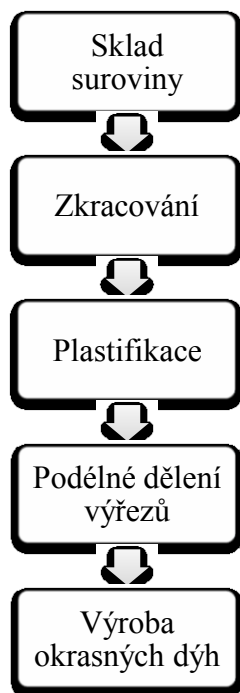
- 1) *Suchá skládka suroviny* – surovina se ukládá pomocí jeřábu na proklady ve výšce 25 cm nad zemí. Čela kulatiny se chrání pomocí nátěru nebo se zastíní. Podle druhu dřeviny určíme max. dobu skladování (např. buk skladujeme nejdéle 3 měsíce).
- 2) *Uskladnění suroviny pod vodou* – je založeno na principu udržování vysoké vlhkosti ve dřevě, což zamezuje rozvoji dřevokazných hub. Dřevina je chráněna po několik let.
- 3) *Ochrana kulatiny postřikem* – ze suroviny se neodstraňuje kůra, postřikem je chráněna po dobu jedné sezóny. Volba postřiku závisí na vlhkostním stavu uskladněné kulatiny, na druhu kulatiny a na klimatických podmínkách.
- 4) *Ochranné nátěry čel* – jsou vhodné pouze na krátkodobou ochranu suroviny. Nátěr se nanáší na zdravé dřevo s dostatečnou vlhkostí.

Před loupáním a krájením dýh je nutné surovinu tepelně upravit, tzv. **plastifikovat**. Tím snížíme modul pružnosti a vyrovnáme vnitřní pnutí ve dřevě. Podle druhu a hustoty dřeviny vybereme teplotu, pro plastifikaci je také důležitá vysoká vlhkost. Plastifikujeme párou nebo horkou vodou v plastifikačních vanách nebo jámách. Kůru z kulatiny odstraníme pomocí rotorových nebo frézovacích odkorňovacích strojů. **Zkracování kulatiny** se provádí za účelem rozdělení kmene na výřezy podle formátu loupané dýhy nebo délky krájené dýhy [8, 15].

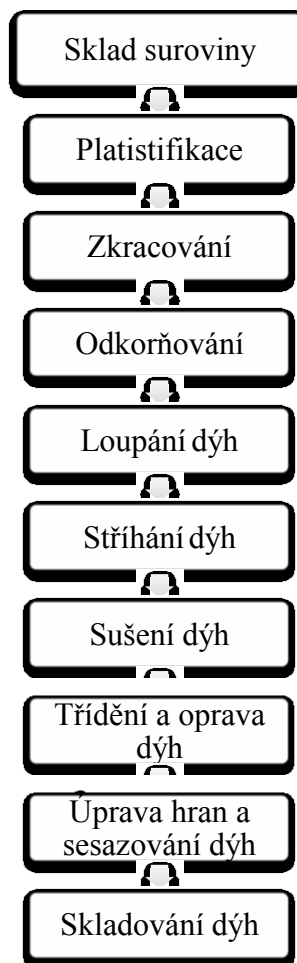
2.9.2 Výroba dýh

Okrasné dýhy se vyrábějí krájením nebo excentrickým loupáním dle diagramu, který je zobrazen na Obr. 48.

Schéma technologického postupu výroby loupáných dýh je znázorněno na Obr. 49.



Obr. 48 Schéma výroby okrasných dýh [8]



Obr. 49 Schéma výroby loupáných dýh [8]

Loupání znamená dělení dřeva v rovině rovnoběžné s vlákny – probíhající ve spirále. Při loupání je velmi důležitá přítlačná lišta a správné vystředění průřezu. Vzniká nekonečně dlouhý pás dýhy. Délka pásu závisí na průměru loupáného výřezu a tloušťce dýh [8, 15].

Krájením výřezu dosáhneme rovnoměrnou a pravidelnou kresbu dýh, kterou využijeme hlavně pro dekorační účely [8]. Před krájením musíme kulatinu podélně rozřezat na půlky, čtvrtky nebo další tvary vhodné pro dosažení požadované kresby dýh [7]. **Excentrické loupání** spojuje výhody krájení a loupání (lepší vzhled, delší pás dýhy).

Stříhání dýh – ze souvislého pásu nastříháme požadované formáty dýh s nadměrkem pro případné sesychání vlhkých dýh a formátování překližek [7, 8]. Dýhy stříháme buď v mokré, nebo suchém stavu ve směru vláken. Vyloučíme místa s vadami. Ukládání a třídění (podle rozměrů, jakosti, vlhkosti) mokrých dýh pro výrobu překližek se provádí za nůžkami [8].

Sušení dýh – cílem sušení je snížení vlhkosti mokrých dýh (vlhkost 30 – 150 %) na konečnou vlhkost 8 až 10 %, u vodovzdorných překližek na 4 až 6%. Snížení vlhkosti zabraňuje vzniku hub, plísní nebo následnému kroucení. Doba sušení je ovlivněna teplotou sušícího prostředí, rychlostí proudění vzduchu, relativní vlhkostí vzduchu, druhem dřeviny a tloušťkou dýhy [8, 15].

Třídění suchých dýh - dýhy se třídí na skupiny podle rozměrů, druhu dřeviny a jakosti dřeva [8].

Vady dřeva – suky a otvory po nich, trhliny, poškození hmyzem, zbarvení dýh, nepravé jádro, u jehličnatých dřevin velikost smolníků a prosmoly.

Úprava hran a sesazování dýh – podformátové dýhy, které jsou dále zpracovatelné na plné formáty, musí mít před sesazením upravenou hranu například pomocí frézování. Sesazování (spojování listů dýh do větších formátů) provádíme ručně nebo na sesazovacích strojích na šířku nebo na délku. Dýhy se spojují na tupé, skosené čelní hrany, na ozub, nebo speciální prostorový ozub [8].

Oprava dýh – odstraníme nepřípustné přirozené a výrobní vady. Vada je vyseknutá raznicí a do otvoru je vsazena záplata odpovídajícího tvaru a velikosti [8].

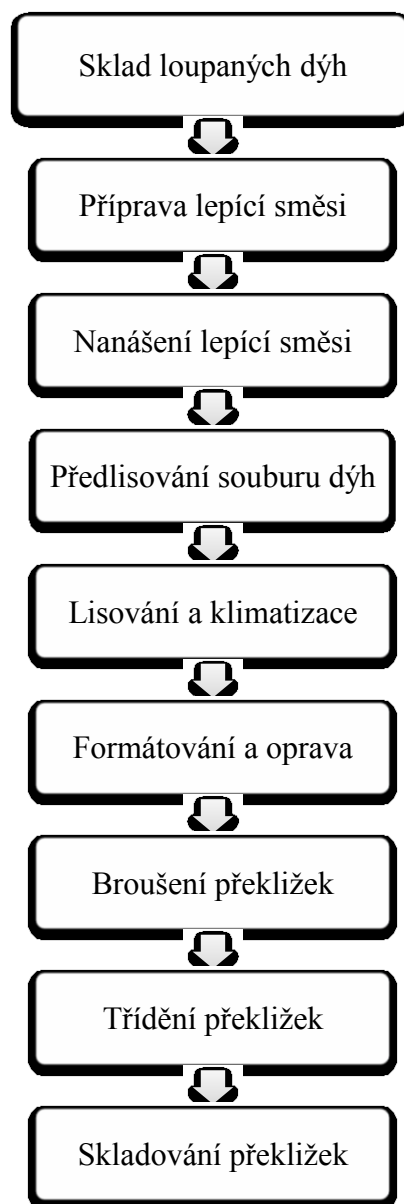
Skladování – dýhy je nutno chránit proti povětrnostním podmínkám a přímému slunečnímu záření. Skladujeme v suchu [8].

2.9.3 Výroba překližek

Překližky vznikají slepením dýhových listů na sebe, přičemž dřevní vlákna sousedních dýh svírají úhel 90°. Výroba překližek je znázorněna na Obr. 50. Při výrobě je nutno dodržet pravidlo symetrie [8]:

- 1) Na každou stranu od centrální osy symetrie překližky musí být stejný počet vrstev dýh. Osa symetrie těchto dýh musí mít stejnou vzdálenost od centrální osy symetrie.
- 2) Osa středové vrstvy musí být totožná s centrální osou symetrie. Počet vrstev v překližce musí být lichý.
- 3) Vrstvy dýh, které jsou uloženy ve stejné vzdálenosti od centrální osy symetrie, musí být ze stejného druhu dřeviny a musí mít stejnou tloušťku.

- 4) Symetricky uložené dýhy musí být vyrobeny stejným způsobem. Musí mít stejný průběh vláken a stejné fyzikální a mechanické vlastnosti.



Obr. 50 Schéma výroby překližek [8]

Příprava lepicí směsi – lepidlo upravíme tak, abychom ho mohli nanést, to znamená, že ho rozpustíme a přidáme tvrdidlo, nastavovadlo, plnivo a další přísady dle receptu.

Nanášení lepicí směsi – lepidlo musí být na dýhy nanášeno rovnoměrně ve stejné tloušťce. Existuje několik způsobů nanášení lepicí směsi.

Skládání souborů – ruční nebo mechanizované složení jednotlivých listů překližky podle stanovených pravidel a konstrukce.

Předlisování – stlačení dýhových souborů téměř na konečnou tloušťku, nedojde k vytvrzení lepidla. Umožňuje lepší manipulovatelnost, dokonalejší adhezi lepidla a dřeva a má i další výhody.

Lisování – fixace lepeného povrchu do vytvrdnutí tenké vrstvy lepidla ve spoji. Po lisování necháme překližky 24 hodin klimatizovat na požadovanou vlhkost.

Formátování – ořezávání překližek na určené normalizované rozměry.

Oprava vad – tmelením opravíme vady způsobené při výrobě překližky (nepřilepené rohy, puchýře, trhliny, oblé hrany, nebo suky).

Broušení – odstraníme nerovnosti, výrobní vady na povrchu překližky a zaručíme hladký povrch a přesnou tloušťku [7, 8].

Třídění a skladování – třídění probíhá dle příslušných norem nebo technických podmínek (jakost materiálu a opracování, vlhkost, rozměrové tolerance, pevnost lepené spáry, vodovzdornost atd. Rozlišujeme přirozené vady dřeva (suky, trhliny, točitost, zbarvení) a výrobní vady (zkroucení, vytrhaná dřevní vlákna, rýhy, špatné formátování). Jednotlivé druhy překližky skladujeme samostatně dle stejné tloušťky, rozměru, jakosti a dřeviny [8].

2.10 Hlavní výrobci překližovaných materiálů v ČR

PLOMA, Hodonín – zabývá se výrobou truhlářských, vodovzdorných i foliovaných překližek, dále překližek multiplex, překližek se sníženou hořlavostí a laťovek [7].

DYAS EU, Uherský Ostroh – vyrábí truhlářské, stavební vodovzdorné překližky, překližky multiplex (celobukové), překližky se sníženou hořlavostí, protihlukové a antivibrační překližky, tvarové výlisky a interiérové překližky pojené lepidlem bez formaldehydu [7].

ALFA PLYWOOD, Solnice – specializuje se na výrobu truhlářských a vodovzdorných překližek, laťovek [7].

2.11 Lepidla

Lepidla se používají jako spojovací materiály jednotlivých vrstev překližovaných materiálů. Kvalita překližek závisí na druhu a jakosti použitého lepidla. Nejstaršími lepidly byly různé druhy rostlinných nebo živočišných klišů, ale stoupající požadavky měly vliv na rozšíření syntetických lepidel. Nejvíce používaná lepidla v překližkárenském průmyslu jsou fenolformaldehydová a močovinoformaldehydová lepidla [8].

Močovinoformaldehydová lepidla (UF) – jsou nejpoužívanější a nejrozšířenější lepidla na dřevo. Lepidla jsou dvousložková a tvrdí se 15% roztokem chloridu amonného (NH_4Cl). Do lepidel se používají plniva (např. dřevní moučka, mletý sádrovec) a nastavovala, která zahušťují lepidlo a zvyšují stálost lepeného spoje (např. mouka). Mají výborné vlastnosti jako např. vytvrzování v širokém rozmezí teplot ($10 - 150\text{ }^\circ\text{C}$) a krátkou vytvrzovací dobu, po vytvrzení jsou bezbarvé, částečně odolné proti vodě, používají se ve formě vodních roztoků a jejich cena je nízká. Jejich největší nevýhodou je uvolňování formaldehydu [8, 19, 26].

Fenolformaldehydová lepidla (PF) – používají se na lepení dřeva už od roku 1935. Poskytují pevné lepené spoje, pružné, jsou odolné proti horké vodě, povětrnostním podmínkám, mikroorganismům, proti většině rozpouštědel a stárnutí [8].

PF lepidla rozdělujeme na tvrditelná při normální teplotě (montážní – vytvrzují se pomocí 50% vodního roztoku kyseliny p-toluen-sulfonové) a tvrditelná za horka při teplotě $135 - 165\text{ }^\circ\text{C}$. K sehnání jsou fenolová lepidla ve formě vodných i alkoholických roztoků, nebo jako lepicí fólie. V této formě mají velké výhody. Jsou déle skladovatelná a neproniknou skrze lepený materiál (např. dýhy) [8, 19, 26].

Melaminoformaldehydová lepidla (MEF) – jsou podobná močovinovým lepidlům. Jsou zdravotně vyhovující, odolné proti vodě a povětrnostním podmínkám. Suroviny pro výrobu MEF lepidel jsou melamin a formaldehyd. Dodávají se ve formě prášku nebo lepicích fólií. Kvůli vysoké ceně se používají pouze pro speciální účely [8, 26].

Polyvinylacetátová lepidla (PVAC) – Mají velmi dobrou přilnavost ke dřevu, poskytují velmi pevné spoje, jsou pružné, nehořlavé, odolné proti mikroorganismům a zajišťují bezbarvé spoje [8]. Jejich největší výhodou je, že jsou zdravotně nezávadné, a proto se využívají na lepení překližek vhodných do interiéru (nejsou odolné proti vodě). PVAC lepidla se připravují z acetylenu a kyseliny octové za přítomnosti rtuťnatých solí [8].

2.12 Výhody překližek

Hlavní výhodou překližek je odstranění anizotropního charakteru masivního dřeva a zajištění vysokých pevností a tuhostí ve všech směrech materiálu, je sníženo sesychání a bobtnání. Mezi další přednosti patří rozměrová stálost i při změně vlhkosti prostředí, dlouhá životnost a odolnost proti vlhkosti, kterou je možno ještě zvýšit použitím vhodného lepidla, nebo povrchovou úpravou (fólie, nátěry) [7]. Jsou lehké a lze je dobře zpracovávat, řezat, vrtat a spojovat jako klasické dřevo. Vyrábějí se v různých tloušťkách (od 3 do 50 mm) a provedení (truhlářská, vodovzdorná, tvarovaná atd. viz kapitola 2.3).

Rozměry produktů jsou omezeny pouze výrobní technologií, efektivní využití přírodního dřeva, minimální spotřeba chemických látek použitých při výrobě (nezatěžují životní prostředí), vysoká odolnost proti biotickým činitelům a proti ohni.

2.13 Nevýhody překližek

Je zapotřebí kvalitní vstupní surovina, následuje zdlouhavá úprava suroviny a nakonec poměrně pracná výroba. Samozřejmostí je i vyšší cena proti jiným kompozitním materiálům na bázi dřeva. U některých tvrdých dřevin může při jejich zpracování docházet ke vzniku drobných trhlin, které se mohou projevit až na hotovém výrobku [7]. Špatně zvolený typ překližky může (ve vlhkém prostředí) způsobovat nepříznivé chování materiálu např. bobtnání.

2.14 Využití překližek ve stavebnictví

Překližky se využívají v mnoha oborech od letectví přes truhlářství a nábytkářství až po zemědělství.

Velké uplatnění našly i ve stavebnictví počátkem padesátých let 20. století, kdy se začala používat syntetická lepidla (viz kapitola 2.11), která mají výrazně vyšší odolnost proti působení vlhkosti, než do té doby známé např. kostní klihy [7].

Ve stavebnictví se používají konstrukční vodovzdorné překližky, stavební překližky s povrchovou úpravou a další typy speciálních překližovaných prvků (PSL, LVL).

Překližky stavební s foliovaným hladkým povrchem se používají jako desky bednění pro betonování základů nebo ŽB stropů (obr. 51).



Obr. 51 Systémové bednění ze stavební překližky s foliovaným hladkým povrchem doplněné OSB deskami

Stavební překližky s protiskluzovou úpravou najdou uplatnění pro podlahy lešení.

Konstrukční vodovzdorné překližky pro své výborné vlastnosti lze použít na výrobu nosných i nenosných stavebních dílců do vlhkého venkovního prostředí. Dále jako záklopy dřevěných stropních trámů nebo krovu. V dřevostavbách pro ztužení rámové konstrukce stěn. Nebo jako estetický prvek opláštění větrané fasády či obklady interiéru.

Microllam se používá v dřevostavbách na dřevěné prvky staveb (nosníky, trámy, příhradové konstrukce, vazníky, vaznice, krokve, zesílení nosníků a vaznic, lešenářské a konstrukční mostiny, nosníky pro bednění, lamely pro konstrukce z lepených lamelových nosníků, výztužné desky, nosné záklopy střech a stropů, střešní a akustické podhledy, mostní obklady, nosníky a vazníky příčně namáhané, styčnickové desky, skladové a pracovní plošiny

Parallam se používá na vaznice, sloupy, nosníky a překlady pro vysoká zatížení a dlouhé vzdálenosti.

3 Trendy vývoje novodobých kompozitních materiálů na bázi dřeva

Dřevo patří mezi nejstarší konstrukční materiál, který má své pozitiva ale i negativa. Právě negativa masivního dřeva se lidé snaží již dlouho eliminovat. Bylo vyvinuto mnoho úsilí ke zlepšení rozměrové stability dřeva, nebo odolnosti proti povětrnostním vlivům. Je snaha prodloužit životnost dřeva na venkovním prostředí. Pro své pevnostní vlastnosti a zpracovatelnost poptávka po překližkách vzrostla po celém světě na výstavbu rodinných domů, výrobu nábytku nebo interiérových obkladů. Základní surovina pro výrobu překližek je kvalitní dřevo, kterého stále ubývá. Jsou ohroženy deštné pralesy a životní prostředí. Průmysl zpracovávající produkty na bázi dřeva musí přistoupit k výrobě produktů z místně dostupných surovin a pokud možno z rychle rostoucích.

3.1 Chemická modifikace dřeva

Jedno z řešení, pro zlepšení rozměrové stability na venkovním prostředí, může být pomocí chemické modifikace dřeva.

Závěr studie: Zjistil se vliv modifikace dýh s dvěma NMM sloučeninami za použití dvou různých procesů výroby překližek na kvalitu lepení, tvrdost, pevnost v ohybu, modul pružnosti v ohybu, na odpudivost vody, rozměrovou stabilitu a na emise formaldehydu. Dřevo ošetřené NMM také zvyšuje odolnost proti houbám [12].

3.2 Méně hodnotné dřevo

Jeden z nejstarších stavebních materiálů a zároveň mezi nejrychleji rostoucí dřevinou patří bambus. Proto je na místě vyzkoušet vyrobit překližku z bambusových rohoží. Bambus, ve srovnání s některými dřevinami, vykazuje stejné nebo lepší fyzikální a mechanické vlastnosti, které nabízí potenciál pro zpracování do kompozitů, jako náhrada dřeva. Na toto téma byly v Bangladéši provedeny zkoušky [11].

Výsledky ukazují, že nasákavost bambusových překližek je až 2x nižší než překližek z dýh. Modul pružnosti v ohybu je nejvyšší u překližky z bambusových rohoží a nejnižší u překližek z dýh. Pevnost v ohybu měla nejvyšší překližka kombinovaná z bambusových rohoží a dřevěných dýh [11].

3.3 Nanotechnologie

Nanotechnologie má obrovský potenciál k rozvoji nových kompozitních materiálů na bázi dřeva s vyššími užitnými vlastnostmi. Nanočástice mohou být použity jako plniva nebo přísady do polymerů pro zlepšení požadovaných vlastností. Nanomateriálem se upravují lepidla. Pro výrobu překližek se do melamin-formaldehydového lepidla přidávají různé nanomateriály na různých úrovních naložení. Proběhly zkoušky na fyzikální a mechanické vlastnosti. Výsledky ukázaly, že je možné vyrábět nové kompozity na bázi dřeva se zlepšenými vlastnostmi pomocí nanotechnologie [13].

Výsledky zkoušky ukázaly, že nanomateriály neovlivnily hodnoty hustoty překližek (550 a 640 kg/m³), ale zato ovlivnily hodnoty bobtnání, které byly nižší než u kontrolní překližky. Nejnižší hodnoty bobtnání měly nanoSiO₂, pak nanoAl₂O₃ a nakonec nanoZnO. Nanopřekližky měly nižší hodnoty vlhkosti. Mechanické vlastnosti nanokompozitů: 3% nanoAl₂O₃ měl lepší pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny o 20%. ZnO (1 a 3%) měl vyšší pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny než kontrolní překližka. Pevnost v ohybu kolmo na vlákna měly lepší nanoSiO₂ a nanoAl₂O₃ než kontrolní překližka. Pevnost v ohybu je ovlivněna druhem nanomateriálu. Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny měly vyšší 3% nanoAl₂O₃ a 3% nano ZnO než kontrolní překližky. Modul pružnosti kolmo na vlákna měly všechny typy nanomateriálu lepší než kontrolní překližka. Překližka s nanoAl₂O₃ zvyšuje přenos tepla, což má vliv na vytvrzení močovinoformaldehydového lepidla (zvýší se interakce mezi dřevem a lepidlem) a zlepšení vlastností [13].

4 Experimentální část

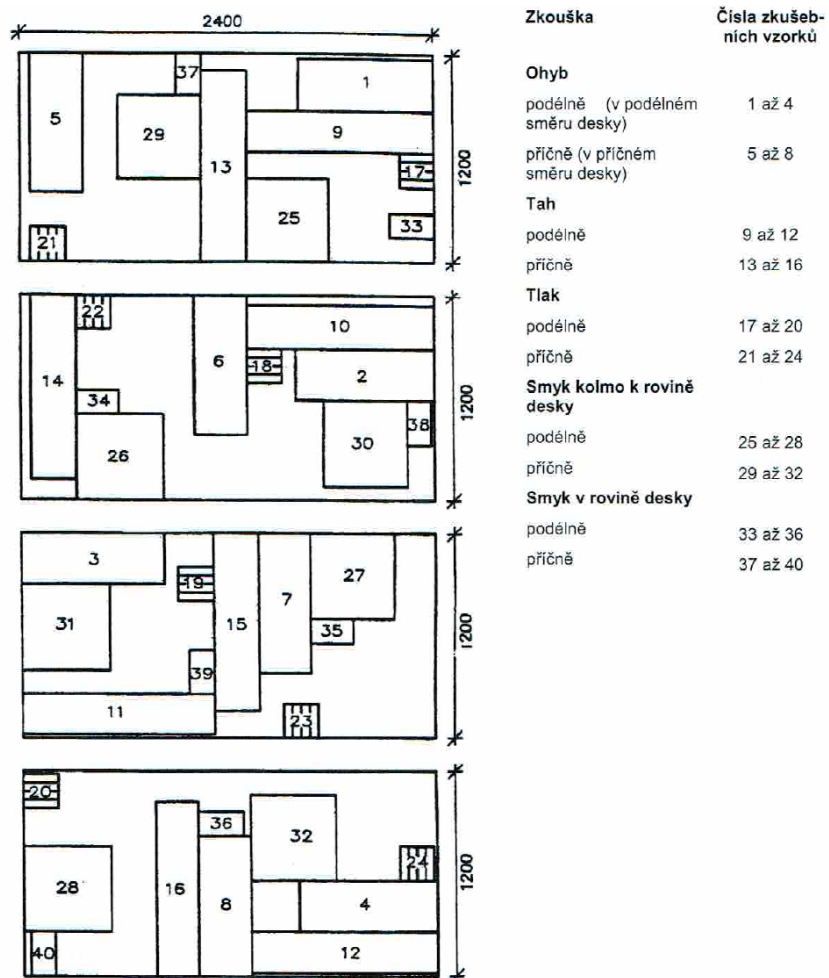
Experimentální část je zaměřena na vybraný sortiment překližovaných materiálů. Při zkoušení se zjišťovala hustota, vlhkost, tahové a ohybové vlastnosti (tab. 5) překližované celobukové (pětivrstvé) desky tloušťky 7 mm.

Zkouška	Hustota	Vlhkost	Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu		Pevnost v tahu, modul pružnosti v tahu a tuhost v tahu	
			rovnoběžně s vlákny	kolmo na vlákna	rovnoběžně s vlákny	kolmo na vlákna
Norma	ČSN EN 323	ČSN EN 322	ČSN EN 310		ČSN EN 789	
Počet zkušebních těles	8	40	8	8	8	8
čísla vzorků	14-01/03.1 až 14-01/03.8	všechny zkušební tělesa	14-01/02.11 až 14-01/02.18	14-01/02.1 až 14-01/02.8	14-01/01.11 až 14-01/01.18	14-01/01.1 až 14-01/01.8

Tab. 5 Rekapitulace a počet zkušebních těles dle zkoušky

Pro odběr vzorků platí norma ČSN EN 326 – 1 [4], která říká, že zkušební vzorky pro každý druh zkoušky, pro každý směr, nesmí být ze stejného místa v různých deskách v tomtéž výběru a z každé desky nesmí být více než jeden vzorek (Obr. 52). Musí být zajištěna náhodnost výběru [6]. Pro účely bakalářské práce byly veškeré vzorky vybrány náhodně avšak nikoli podle metodiky normy. Vzorky byly odebrány ze dvou desek, a tudíž nebyla dodržena zásada, že z každé desky nesmí být odebrán více než jeden vzorek.

Veškerá zkušební tělesa se před samotnými zkouškami klimatizovala v klimakomoře CTS C-40/1000/S (Obr. 53) v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu $65 \pm 5\%$ a teplotou $20 \pm 2^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti, tak jak se uvádí v příslušných normách. Aby během zkoušení zkušební těleso nenasálo vlhkost ze vzduchu, umístí se ihned po klimatizování do exsikátoru (Obr. 54).



Obr. 52 Příklad nařezávacího plánu (rozměry v mm) [6]



Obr. 53 Klima komora CTS C-40/1000/S



Obr. 54 Exsikátor

4.1 Normalizace

K problematice překližek se vztahuje řada norem. Seznam norem (číslo normy, název normy a datum platnosti) je vypsán v tabulce 6.

Tab. 6 Seznam norem

Číslo normy	Název normy	Platnost
ČSN EN 310	Desky ze dřeva – Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu [1]	1.1.1996
ČSN EN 313-1	Překližované desky – Klasifikace a terminologie – Část 1: Klasifikace	1.9.1999
ČSN EN 313-2	Překližované desky – Klasifikace a terminologie – Část 2: Terminologie	1.11.2000
ČSN EN 314-1	Překližované desky – Kvalita lepení – Část 1: Metody zkoušení	1.9.2005
ČSN EN 314-2	Překližované desky – Kvalita lepení – Část 2: Požadavky	1.10.1995
ČSN EN 315	Překližované desky – Rozměrové tolerance	1.6.2001
ČSN EN 322	Dosky z dřeva. Zisťovanie vlhkosti [2]	1.4.1994
ČSN EN 323	Dosky z dřeva. Zisťovanie hustoty [3]	1.5.1994
ČSN EN 324-1	Desky ze dřeva. Stanovení rozměrů desek. Část 1: Stanovení tloušťky, šířky a délky	1.8.1995
ČSN EN 324-2	Desky ze dřeva. Stanovení rozměrů desek. Část 2: Stanovení pravoúhlosti a přímosti bloků	1.8.1995
ČSN EN 325	Desky ze dřeva – Stanovení rozměrů zkušebních těles	1.9.2012
ČSN EN 326 – 1	Desky ze dřeva – Odběr vzorků, nařezávání a kontrola – Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky [4]	1.7.1997
ČSN EN 14354	Desky na bázi dřeva – Dýhované podlahoviny	1.9.2005
ČSN 49 2301	Dyhy. Základné a spoločné ustanovenia	1.5.1986
ČSN 49 2315	Okrasné dyhy	1.5.1986

ČSN 49 2316	Konstrukční dyhy	1.5.1986
ČSN 49 2320	Sesazenky a hrany	1.6.1989 tisková změna 08/2004
ČSN EN 635-1	Překlížované desky podle vzhledu povrchu. Část 1: Všeobecně	1.7.1996
ČSN EN 635-2	Překlížované desky – Klasifikace podle vzhledu povrchu – Část 2: Listnaté dřeviny	1.4.1997
ČSN EN 635-3	Překlížované desky – Klasifikace podle vzhledu povrchu – Část 3: Jehličnaté dřeviny	1.4.1997
ČSN EN 635-5	Překlížované desky – Klasifikace podle vzhledu povrchu – Metody měření a vyjádření znaků a vad	1.11.1999
ČSN EN 636	Překlížované desky – Požadavky [5]	1.4.2013
ČSN EN 14272	Překlížované desky – Výpočtová metoda pro některé mechanické vlastnosti	1.6.2012
ČSN P CEN/TS 1099	Překlížované desky – Biologická trvanlivost – Návod pro hodnocení překlížovaných desek pro použití v různých třídách ohrožení	1.9.2013
ČSN 49 2411	Laťovky	1.1.1991
ČSN 49 2460	Letecké preglejky	1.4.1966
ČSN EN 789	Dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Stanovení mechanických vlastností desek na bázi dřeva [6]	1.6.2005
ČSN EN 13501 – 1 + A1	Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň	1.3.2010

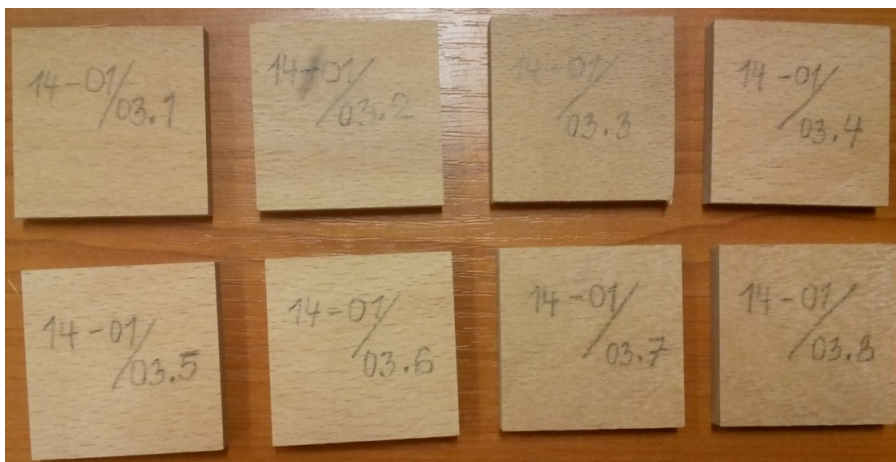
4.2 Zjišťování hustoty

Zkouška byla prováděna dle normy **ČSN EN 323** Dosky z dřeva. Zisťovanie hustoty [3].

Podstatou metody je zjištění hustoty jako poměru hmotnosti zkušebního tělesa k jeho objemu. Tyto měření se vykonávají při stejné vlhkosti [3].

4.2.1 Zkušební postup

1. Odběr vzorků a řezání zkušebních těles se provádí dle EN 326-1 [4]. Tvar zkušebních těles je čtvercový s délkou strany 50 mm. Vzorky byly označeny čísly 14-01/03.1 až 14-01/03.8 (Obr. 55).



Obr. 55 Zkušební tělesa pro stanovení hustoty

2. Klimatizování zkušebních těles proběhlo v klima komoře CTS C-40/1000/S (Obr. 53) v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu $65 \pm 5\%$ a teplotou $20 \pm 2^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti.
3. Ihned po klimatizování byla zkušební tělesa přemístěna do exsikátoru (Obr. 54) a dále byla podrobena vážení na váhách (Obr. 56) s přesností vážení 0,01 g.



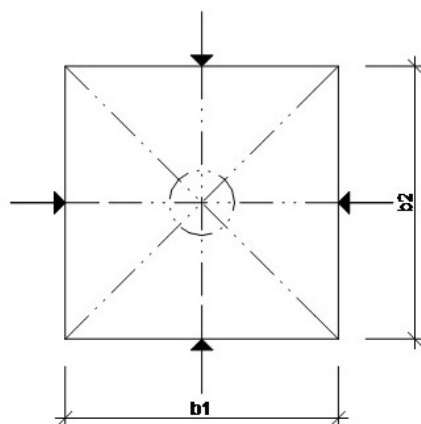
Obr. 56 Váhy



Obr. 57 Digitální posuvné měřítko

4. Zjišťování rozměrů (obr. 58) zkušebních těles se provádí dle ČSN EN 325: Tloušťka t se měří v průřezu úhlopříček s přesností na 0,05 mm.

Šířka b_1 a b_2 se měří rovnoběžně s hranami zkušebního tělesa v místě průsečíku úhlopříček s přesností na 0,1 mm. K měření se použilo digitální posuvné měřítko (Obr. 57).



Obr. 58 Místa měření rozměrů [3]

5. Veškeré hodnoty se zaznamenaly do tabulky (tab. 7) v programu MS Excel, kde rovněž proběhl výpočet hustoty.

Po zjištění hustoty byly vzorky podrobeny zkoušce pro stanovení skutečné vlhkosti dle ČSN EN 322 [2] viz kapitola 4.3 Zjišťování vlhkosti.

4.2.2 Vyjádření výsledků

Hustota ρ v kg/m^3 každého zkušebního tělesa se vypočte podle vzorce (1) dle [3]:

$$\rho = \frac{m}{b_1 * b_2 * t} * 10^6 \quad (1)$$

Kde:

m	hmotnost zkušebního tělesa	[g]
b_1, b_2	šířka zkušebního tělesa	[mm]
t	tloušťka zkušebního tělesa	[mm]

Výpočet hustoty je zobrazen v tab. 7. Hustota desky, pokud se postupuje podle normy ČSN EN 326 – 1 [4], se vypočte jako aritmetický průměr hustot všech zkušebních těles odebraných ze stejné desky.

Tab. 7 Výpočet hustoty

vzorek č.	m [g]	t [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	ρ [kg/m ³]	Průměr	Směrodatná odchylka	5% kvantil
14-01/03.1	14,72	7,5	49,9	49,9	788,216	765,270	23,482	733,128
14-01/03.2	13,72	7,3	49,8	49,8	757,831			
14-01/03.3	14,24	7,25	49,8	49,7	793,572			
14-01/03.4	13,81	7,55	50,1	49,8	733,128			
14-01/03.5	13,82	7,5	49,8	49,7	744,494			
14-01/03.6	13,8	7,55	49,8	49,8	737,010			
14-01/03.7	14,02	7,25	49,9	49,8	778,180			
14-01/03.8	14,13	7,2	49,9	49,8	789,732			

Minimální počet vzorků pro stanovení hustoty je 6 vzorků z každé zkoušené desky.

4.3 Zjišťování vlhkosti

Zkouška byla prováděna dle normy ČSN EN 322 Desky z dřeva. Zisťovanie vlhkosti [2].

Podstatou zkoušky je zjištění ztráty hmotnosti zkušebního tělesa vážením mezi jeho stavem v čase odběru vzorku a po vysušení na konstantní hmotnost při 103 ± 2 °C [2].

V rámci této bakalářské práce se použily i vzorky (14-01/03.1 – 14-01/03.8) s nižší hmotností než dovoluje norma (20 g). Skutečná vlhkost se zjišťovala u všech vzorků po realizaci zkoušky.

4.3.1 Zkušební postup

1. Zkušební tělesa se klimatizovala v klima komoře CTS C-40/1000/S (Obr. 53) v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu $65 \pm 5\%$ a teplotou 20 ± 2 °C do ustálené hmotnosti. Ihned po klimatizování se zkušební tělesa zvažila (Obr. 56) s přesností na 0,01 g.
2. Po vykonání jednotlivých zkoušek (4.2, 4.4 a 4.5) se zkušební tělesa umístila do sušičky (Obr. 59, 60). Zkušební tělesa se sušila při teplotě 103 ± 2 °C až do dosáhnutí konstantní hmotnosti. Dle velikosti vzorků se odvíjela doba sušení. U malých

čtvercových vzorků (14-01/03.1 až 14-01/03.8) na vysušení stačily 2 dny, vzorky č. 14-01/01.1 až 14-01/01.8 se vysoušely 4 dny.



Obr. 59 Sušička

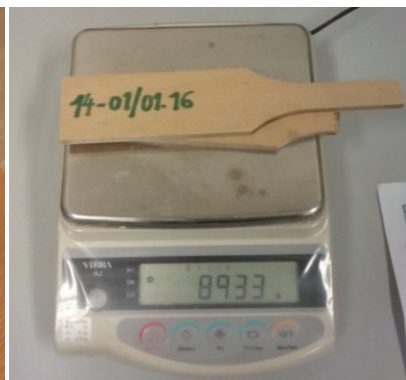


Obr. 60 Zkušební tělesa umístěna v sušičce

3. Po vysušení se zkušební tělesa ochladila v exsikátoru (Obr. 61) na teplotu místnosti.
4. Po vyjmutí z exsikátoru se zkušební tělesa co nejrychleji zvažila (Obr. 62).



Obr. 61 Chlazení zkušebních těles v exsikátoru



Obr. 62 Vážení vysušených zkušebních těles

4.3.2 Vyjádření výsledků

Vlhkost **H** zkušebního tělesa se udává v procentech hmotnosti a vypočte se podle vzorce (2) dle [2]:

$$H = \frac{m_H - m_o}{m_o} * 100 \quad (2)$$

Kde:

m_H hmotnost zkušebního tělesa po odběru vzorků (po klimatizování) [g]

m_o hmotnost zkušebního tělesa po vysušení [g]

Naměřené hodnoty a výpočet vlhkosti jsou zobrazeny v tab. 8. Vlhkost desky, pokud se postupuje podle normy ČSN EN 326 – 1 [4], se vypočte jako aritmetický průměr vlhkostí všech zkušebních těles odebraných ze stejné desky vyjádřený v 0,1 %.

Tab. 8 Výpočet vlhkosti vzorků

vzorek č.	m _H [g]	m _o [g]	H [%]
14-01/01.1	95,18	88,41	7,7
14-01/01.2	97,50	90,48	7,8
14-01/01.3	97,76	90,66	7,8
14-01/01.4	98,19	91,25	7,6
14-01/01.5	98,46	91,56	7,5
14-01/01.6	96,75	89,78	7,8
14-01/01.7	93,33	86,58	7,8
14-01/01.8	95,95	88,98	7,8
14-01/01.11	95,39	88,88	7,3
14-01/01.12	95,67	89,12	7,3
14-01/01.13	92,39	85,77	7,7
14-01/01.14	96,51	89,81	7,5
14-01/01.15	96,83	90,09	7,5
14-01/01.16	96,18	89,30	7,7
14-01/01.17	96,50	89,84	7,4
14-01/01.18	95,31	88,73	7,4
14-01/02.1	57,24	52,75	8,5
14-01/02.2	56,84	52,41	8,5
14-01/02.3	56,39	51,98	8,5
14-01/02.4	56,67	52,25	8,5
14-01/02.5	56,97	52,57	8,4
14-01/02.6	56,50	52,13	8,4
14-01/02.7	55,34	51,05	8,4
14-01/02.8	56,50	52,12	8,4
14-01/02.11	57,21	52,58	8,8
14-01/02.12	55,76	51,13	9,1
14-01/02.13	55,45	50,87	9,0
14-01/02.14	55,33	50,80	8,9
14-01/02.15	55,77	51,22	8,9
14-01/02.16	56,30	51,72	8,9
14-01/02.17	54,78	50,33	8,8
14-01/02.18	55,68	51,17	8,8
14-01/03.1	14,72	13,48	9,2
14-01/03.2	13,72	12,61	8,8
14-01/03.3	14,24	13,02	9,4
14-01/03.4	13,81	12,59	9,7
14-01/03.5	13,82	12,64	9,3
14-01/03.6	13,80	12,63	9,3
14-01/03.7	14,02	12,86	9,0
14-01/03.8	14,13	12,96	9,0

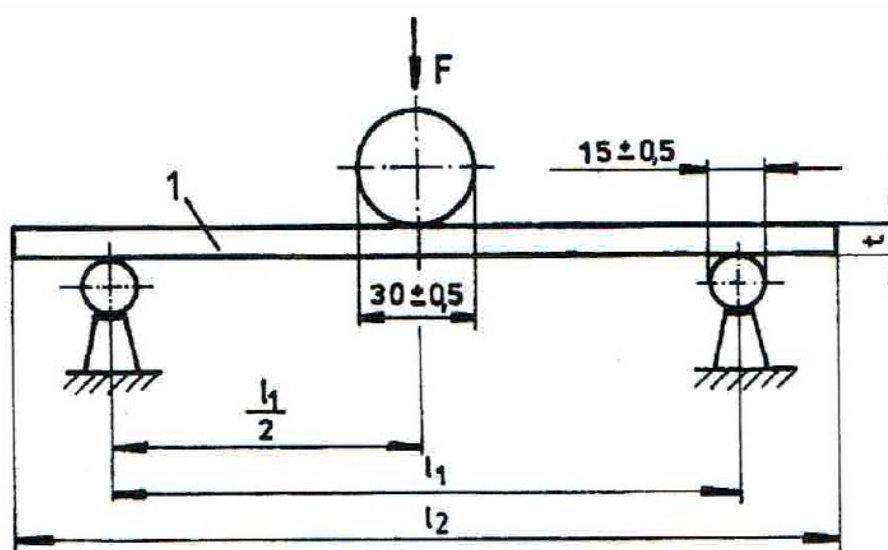
4.4 Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu

Zkouška byla prováděna dle normy ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu [1]. Modul pružnosti a pevnost v ohybu jsou zásadní vlastnosti pro zařazení dle ČSN EN 636 [5].

Metoda spočívá v ohybové zkoušce zkušební tělesa, které se umístí na dvě podpory a uprostřed se zatěžuje osamělým břemenem (obr. 63). Při zkoušce nás zajímá vzdálenost mezi podpěrami, šířka a tloušťka zkušební tělesa, průhyb při zatížení a maximální zatížení [9].

Modul pružnosti v ohybu se vypočítá z lineární části křivky zatížení, přičemž vypočítaná hodnota je zdánlivý modul pružnosti, protože zkušební metoda zahrnuje kromě ohybu také smyk [9].

Pevnost v ohybu se vypočítá jako podíl ohybového momentu při největším zatížení zkušebního zatížení k momentu jeho celého průřezu [9].



Obr. 63 Způsob uspořádání ohybové zkoušky [1]

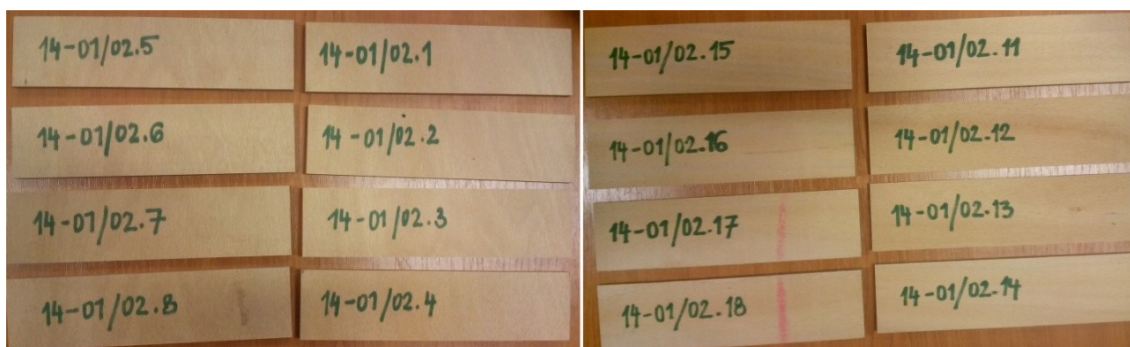
Popis dle [1, 9]: 1 – zkušební těleso, F – zatížení, t – tloušťka zkušební tělesa,

$$l_1 = 20 \cdot t, \quad l_2 = l_1 + 50 \text{ mm}$$

4.4.1 Zkušební postup

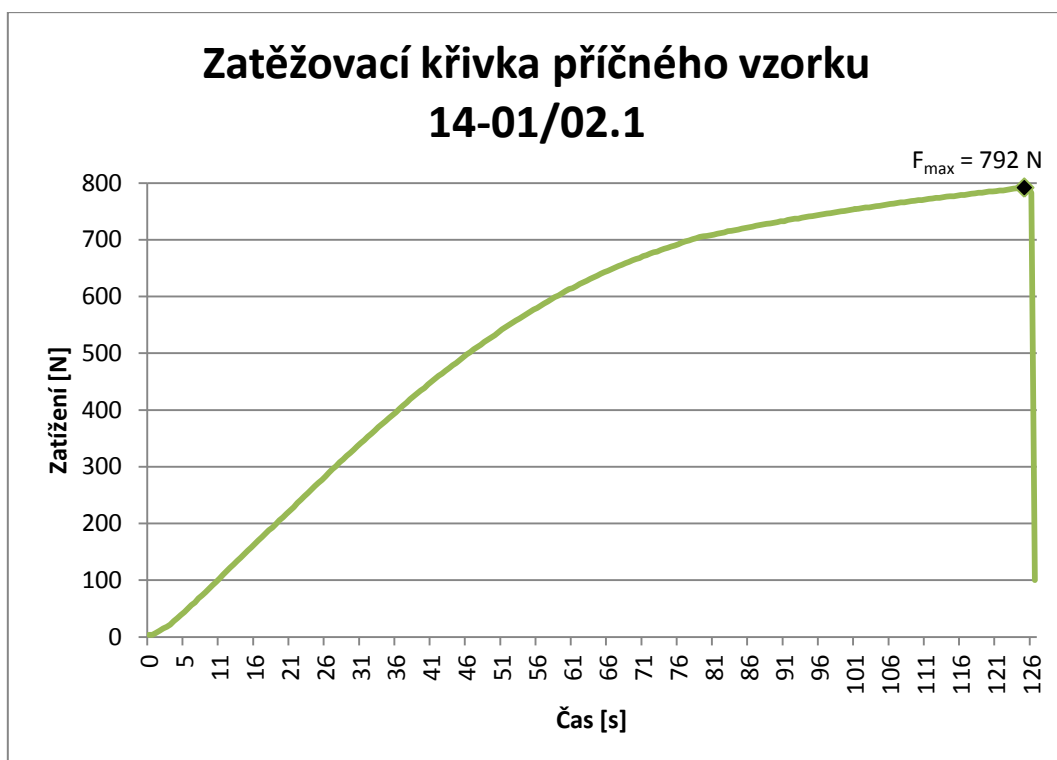
1. Výběr zkušebních těles ze vzorkových desek, jejich počet a přesnost vyhotovení se provádí dle normy EN 326-1 [4]. Zkušební tělesa se vyhotoví tak, aby vznikly

soubory příčných i podélných zkušebních těles (Obr. 64) [9]. Příčná zkušební tělesa se označila čísla 14-01/02.1 až 14-01/02.8 a podélná 14-01/02.11 až 14-01/02.18.



Obr. 64 Soubory příčných (vlevo) a podélných (vpravo) zkušebních vzorků

2. Klimatizování (Obr. 53) zkušebních těles při teplotě 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % do ustálené hmotnosti.
3. Změří se rozměry zkušebních těles (Obr. 57). Tloušťka se měří v průsečíku úhlopříček, šířka v polovině délky zkušebního tělesa.
4. Tělesa se zváží pro stanovení vlhkosti (Obr. 62).
5. Na zkušebním zařízení se nastaví vzdálenost mezi středy podpěr s přesností na 1 mm 20tinásobku jmenovité tloušťky desky.
6. Na zkušební těleso se připevní dilatometr, napojený na zařízení, poskytující digitalizovaný výstup (zatížení, dobu zatěžování a průhyb) pro výpočet modulu pružnosti v ohybu.
7. Zkušební tělesa se položí na plocho na podpěry dle obr. 63.
8. Zatěžování probíhá při konstantní rychlosti posuvu v průběhu zkoušky. Rychlost zatěžování se upraví tak, aby maximální zatížení (Obr. 65, 66) bylo dosaženo do (60 ± 30) s.
9. Zaznamená se maximální zatížení s přesností na 1% z naměřené hodnoty.

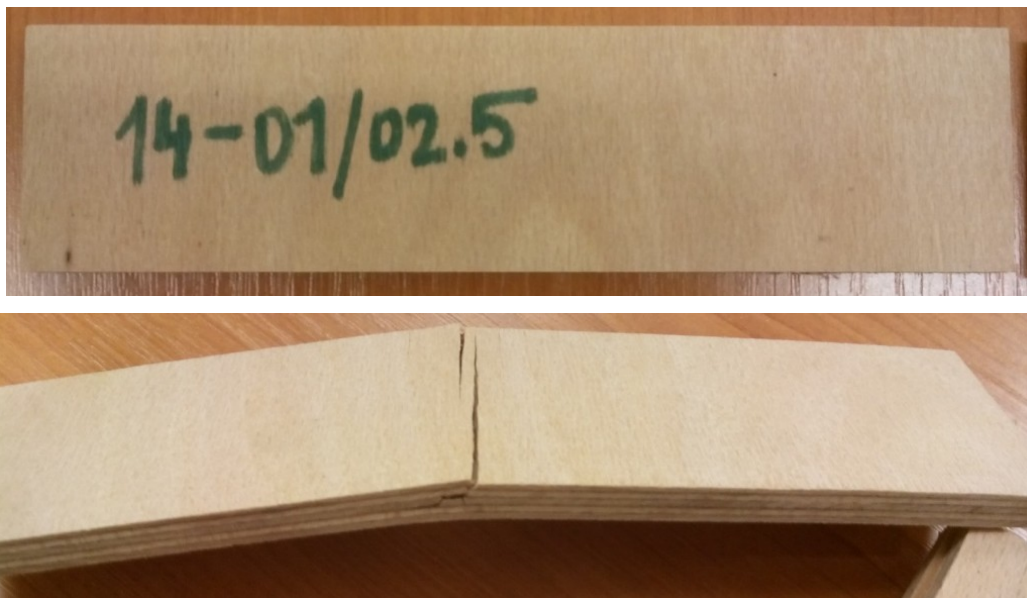


Obr. 65 Zatěžovací křivka příčného vzorku 14-01/02.1 s vyznačením maximální zatěžovací síly

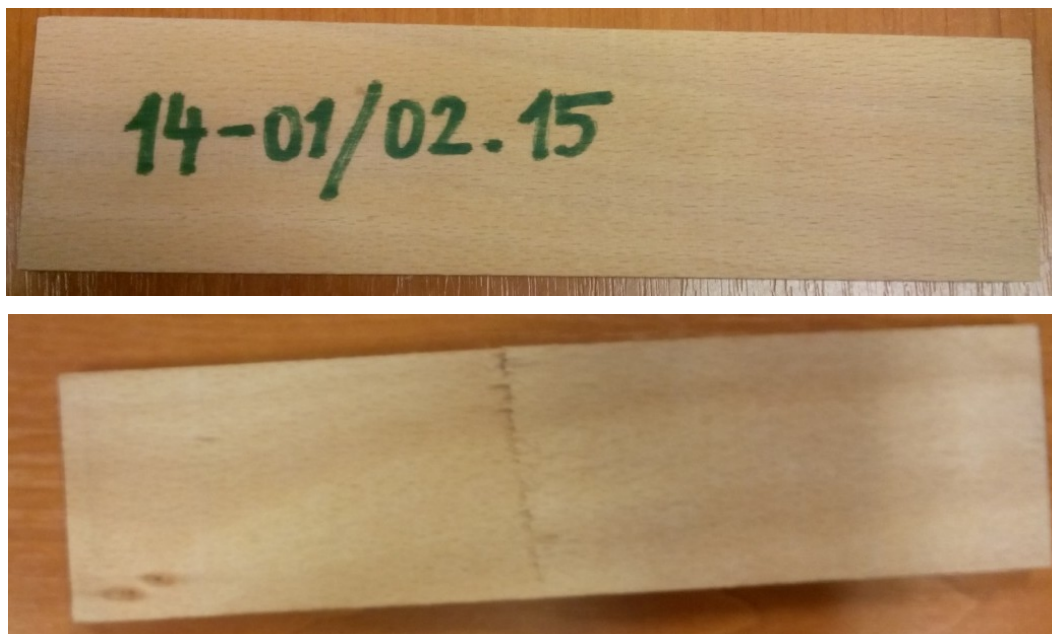


Obr. 66 Zatěžovací křivka podélného vzorku 14-01/02.12 s vyznačením maximální zatěžovací síly

10. Zkoušky se provedou na dvou souborech zkušebních těles v obou směrech desky (podélném a příčném). V každé skupině se vyzkouší polovina zkušebních těles lícovou stranou nahoru a polovina dolů. Porušení zkušebních vzorků po vykonání zkoušky je zobrazeno na obrázku (Obr. 67 a 68).



Obr. 67 Porušení příčného zkušebního vzorku po působení maximálního zatížení



Obr. 68 Porušení podélného zkušebního vzorku po působení maximálního zatížení

4.4.2 Vyjádření výsledků

Modul pružnosti E_m (v N/mm^2), pro každé zkušební těleso je vyjádřen vzorcem (3) dle [1]:

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)} \quad (3)$$

Kde:

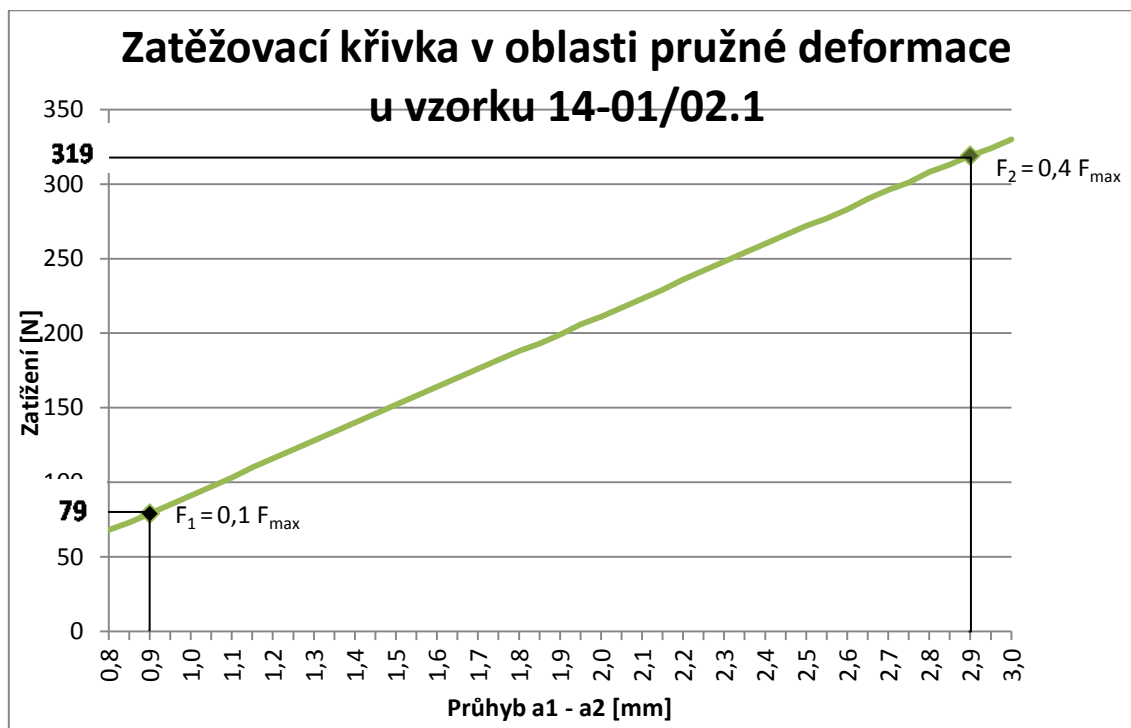
l_1 vzdálenost mezi středy podpěr [mm]

b šířka zkušebního tělesa [mm]

t tloušťka zkušebního tělesa [mm]

$F_2 - F_1$ přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky, v N. F_1 musí být přibližně 10% a F_2 přibližně 40% z maximálního zatížení (Obr. 69) [N]

$a_2 - a_1$ přírůstek průhybu ve středu délky zkušebního tělesa (odpovídající $F_2 - F_1$) [mm]



Obr. 69 Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace u příčného zkušebního vzorku 14-01/02.1 pro demonstraci přírůstku zatížení ($F_2 - F_1$) a průhybu ($a_2 - a_1$) pro výpočet modulu pružnosti v ohybu E_m

Naměřené hodnoty a výpočet modulu pružnosti v ohybu pro každý soubor zkušebních těles jsou zobrazeny v tab. 9. Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny na 3 platné číslice.

Tab. 9 Výpočet modulu pružnosti v ohybu

vzorek č.	b [mm]	t [mm]	l ₁ [mm]	F _{max} [N]	F ₁ [N]	F ₂ [N]	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	E _m [N/mm ²]	Průměr	Směrodatná odchylka	5 % kvantil
14-01/02.1	49,8	7,25	140	792	79	319	0,9	2,9	4340	4156,250	115,210	3920
14-01/02.2	49,8	7,24	140	836	79	338	0,8	3,0	4270			
14-01/02.3	49,8	7,17	140	820	78	333	1,0	3,3	4140			
14-01/02.4	49,9	7,23	140	776	81	309	0,8	2,8	4150			
14-01/02.5	49,9	7,17	140	768	76	307	0,8	3,0	3920			
14-01/02.6	49,9	7,19	140	798	84	320	0,9	3,0	4160			
14-01/02.7	49,9	7,15	140	782	80	313	0,9	3,0	4170			
14-01/02.8	49,9	7,16	140	800	79	320	0,9	3,1	4100			
14-01/02.12	49,9	7,23	140	1345	139	532	0,7	2,0	11000	10814,286	304,390	10200
14-01/02.13	49,8	7,29	140	1493	148	588	0,6	2,0	11200			
14-01/02.14	49,9	7,3	140	1163	124	463	0,7	1,8	10900			
14-01/02.15	49,8	7,3	140	1342	137	541	0,6	1,9	11000			
14-01/02.16	49,8	7,31	140	1248	120	511	0,8	2,1	10600			
14-01/02.17	49,8	7,33	140	1129	120	440	0,6	1,7	10200			
14-01/02.18	49,8	7,3	140	1184	114	480	0,8	2,0	10800			

Pevnost v ohybu f_m (v N/mm²), pro každé zkušební těleso je vyjádřen vzorcem (4) dle [1]:

$$f_m = \frac{3 F_{max} l_1}{2 b t^2} \quad (4)$$

Kde:

F_{max} maximální zatížení zkušební tělesa (Obr. 65, 66) [N]

Výpočet pevnosti v ohybu je zobrazen v tab. 10. Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny na 3 platné číslice.

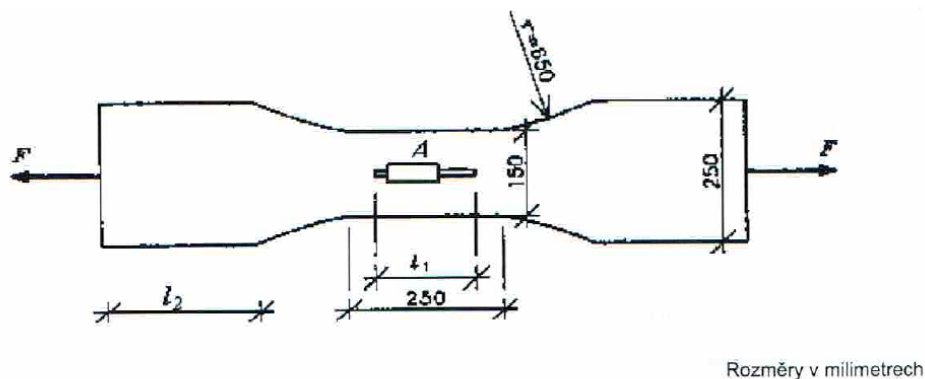
Tab. 10 Výpočet pevnosti v ohybu

vzorek č.	b [mm]	t [mm]	l ₁ [mm]	F _{max} [N]	f _m [N/mm ²]	Průměr	Směrodatná odchylka	5 % kvantil
14-01/02.1	49,8	7,3	140,0	792,0	63,5	64,8	1,7	62,5
14-01/02.2	49,8	7,2	140,0	836,0	67,3			
14-01/02.3	49,8	7,2	140,0	820,0	67,3			
14-01/02.4	49,9	7,2	140,0	776,0	62,5			
14-01/02.5	49,9	7,2	140,0	768,0	62,9			
14-01/02.6	49,9	7,2	140,0	798,0	65,0			
14-01/02.7	49,9	7,2	140,0	782,0	64,4			
14-01/02.8	49,9	7,2	140,0	800,0	65,7			
14-01/02.12	49,9	7,2	140,0	1345,0	108,3	100,8	9,9	88,6
14-01/02.13	49,8	7,3	140,0	1493,0	118,5			
14-01/02.14	49,9	7,3	140,0	1163,0	91,8			
14-01/02.15	49,8	7,3	140,0	1342,0	106,2			
14-01/02.16	49,8	7,3	140,0	1248,0	98,5			
14-01/02.17	49,8	7,3	140,0	1129,0	88,6			
14-01/02.18	49,8	7,3	140,0	1184,0	93,7			

Pozn. Do výpočtu pevnosti v ohybu nebyl zahrnut vzorek č. 14-01/02.11.

Zatřídění bylo provedeno dle ČSN EN 636 [5] na základě 5% kvantilu – viz. Kapitola 5

4.5 Stanovení modulu pružnosti v tahu a pevnosti v tahu

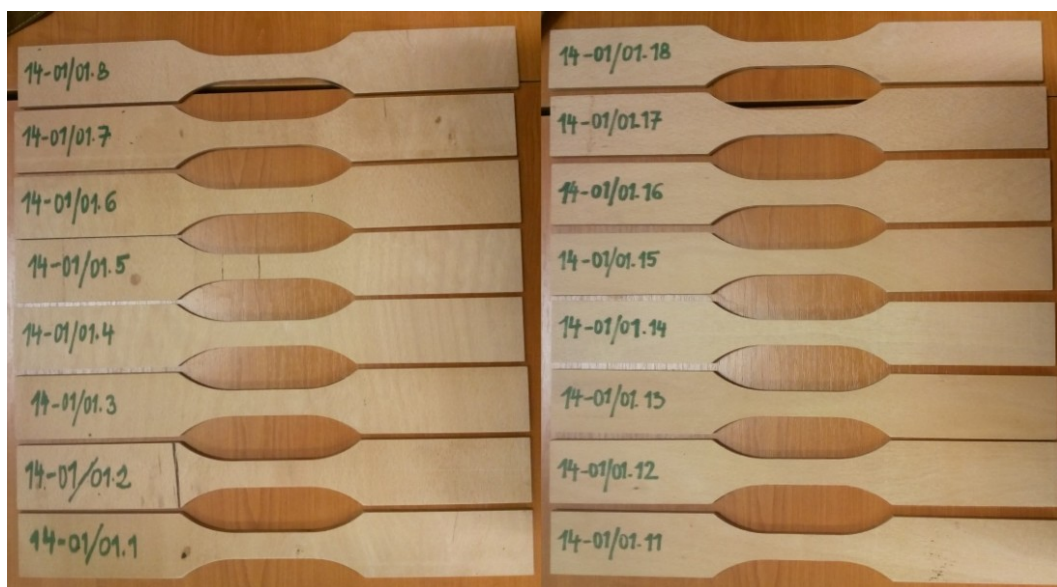


Obr. 70 Uspořádání tahové zkoušky [6]

Legenda [6]: A- snímač, l_1 – délka měřicí základny, l_2 – délka odpovídající samonastavitelným čelistem

4.5.1 Zkušební postup

1. Výběr zkušebních těles ze vzorkových desek, jejich počet a přesnost vyhotovení, se provádí dle normy EN 326-1 [4]. Zkušební tělesa se vyhotoví tak, aby vznikly soubory příčných i podélných zkušebních těles (Obr. 71). Příčná zkušební tělesa se označila čísla 14-01/01.1 až 14-01/01.8 a podélné 14-01/01.11 až 14-01/01.18.



Obr. 71 Soubory příčných (vlevo) a podélných (vpravo) zkušebních těles

2. Klimatizování (Obr. 53) zkušebních těles při teplotě 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % do ustálené hmotnosti.

3. Změří se základní rozměry zkušebních těles (Obr. 57). Tloušťka se měří v průsečíku úhlopříček, šířka v polovině zúžené délky zkušebního tělesa.
4. Tělesa se zváží pro stanovení vlhkosti.
5. Na zkušební tělesa se připevní snímače (Obr. 72)
6. Zkušební těleso se upevní pomocí čelistí do zatěžovacího zařízení (Obr. 73), které umožňuje měřit zatížení s přesností 1 %. V našem případě se použil trhací stroj EU 40. Čelisti nesmí umožňovat prokluzování při zatížení a nesmí vyvozovat na zkušební těleso ohybový moment.

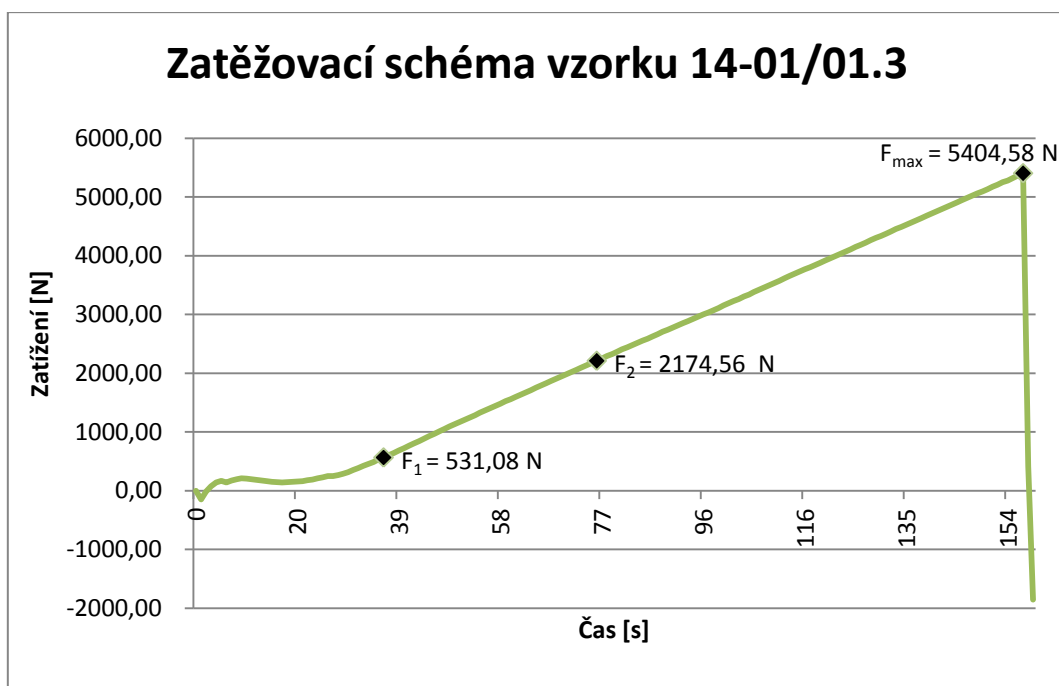


Obr. 72 Detail připevnění snímače na zkušební těleso

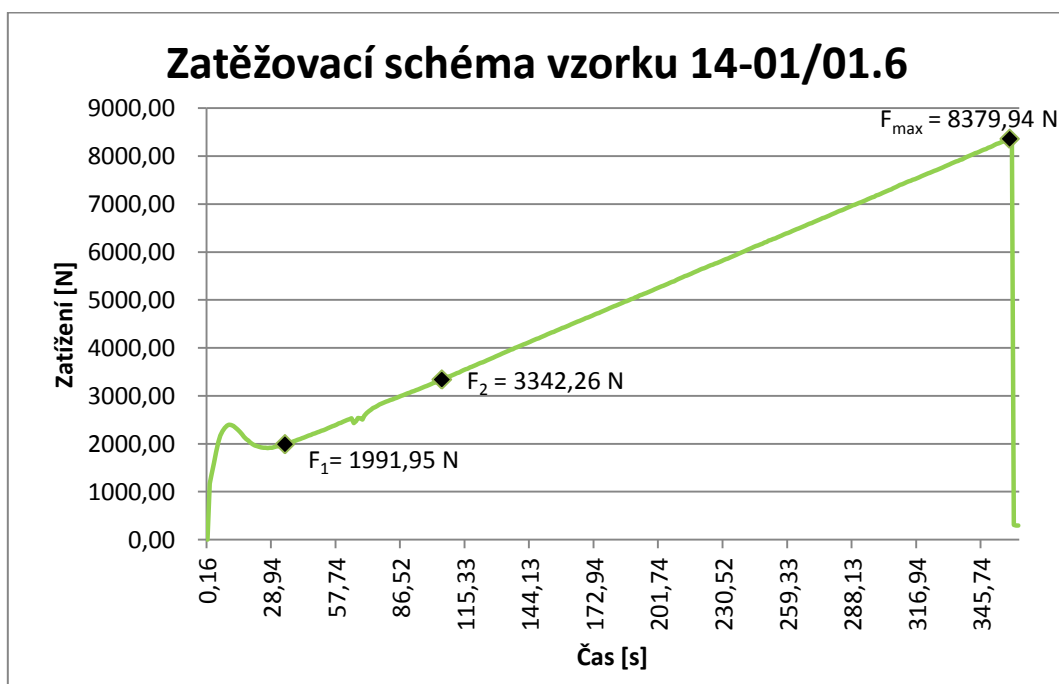


Obr. 73 Upnutí zkušebního tělesa v trhacím stroji EU 40

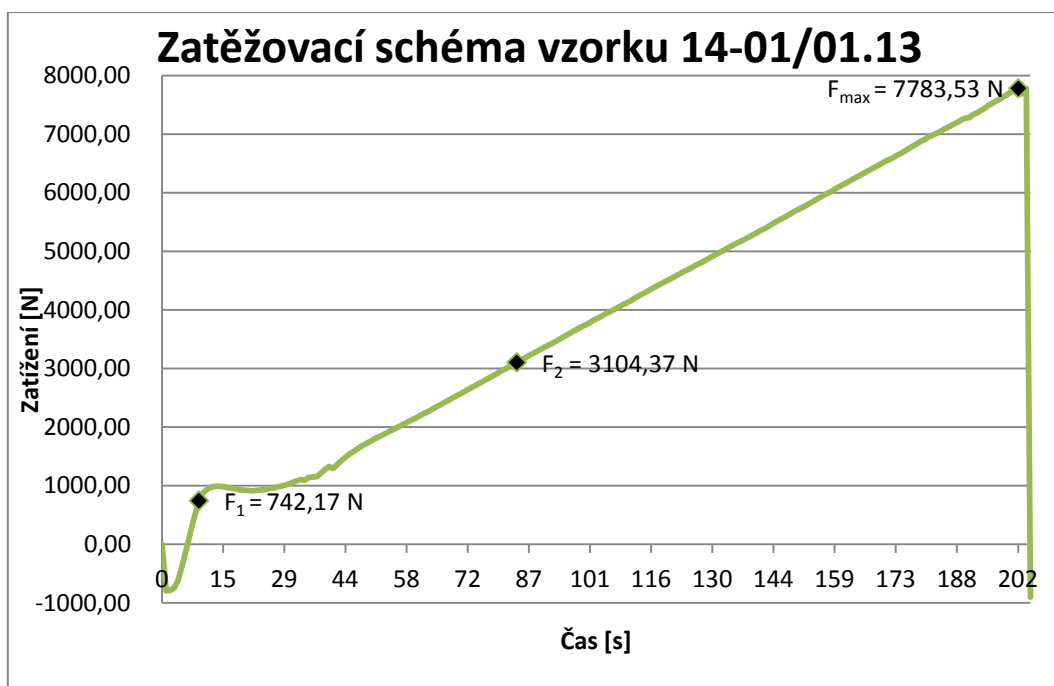
7. Zatížení se zavádí rovnoměrnou rychlostí tak, aby maximálního zatížení bylo dosaženo do 300 ± 120 s, při průměrné hodnotě okolo 300 s pro výběr. Příčná zkušební tělesa byla zatěžována silou 0,02 kN/s a podélná zkušební tělesa silou 0,04 kN/s. Zatěžovací schéma příčného vzorku je zobrazeno na Obr. 74, 75 a podélného vzorku na Obr. 76, 77.



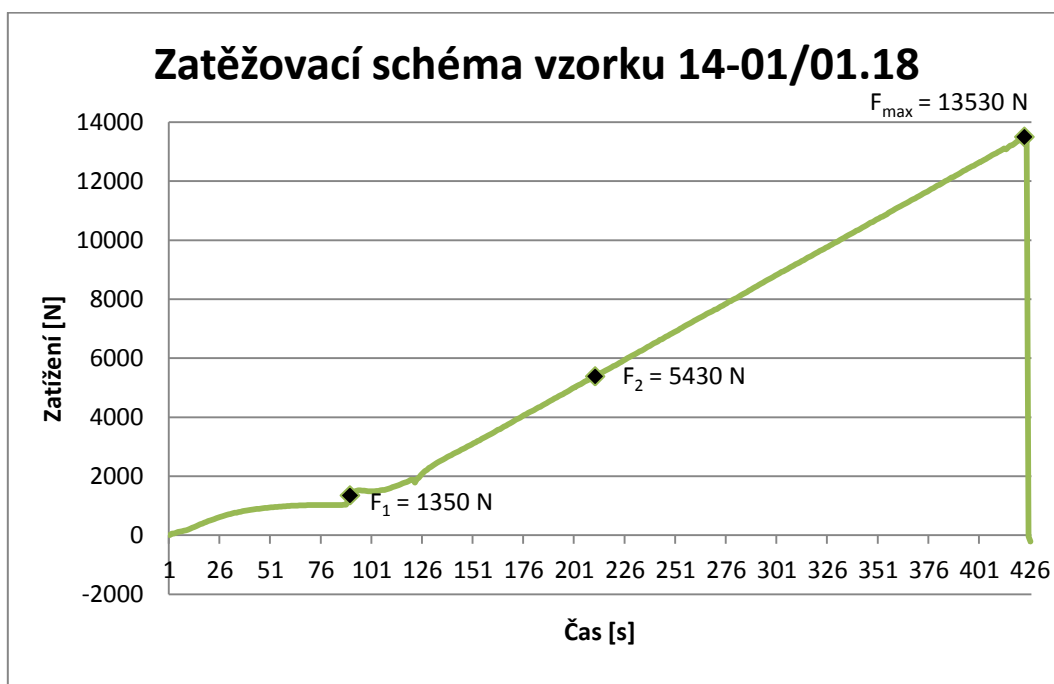
Obr. 74 Průběh zatěžování příčného zkušební vzorku 14-01/01.3, který byl zatěžován silou 0,02 kN/s s vyznačením maximální tahové síly pro výpočet pevnosti v tahu a F_1 a F_2 pro výpočet modulu pružnosti v tahu.



Obr. 75 Průběh zatěžování příčného zkušební vzorku 14-01/01.6, který byl zatěžován silou 0,02 kN/s s vyznačením maximální tahové síly pro výpočet pevnosti v tahu a F_1 a F_2 pro výpočet modulu pružnosti v tahu.



Obr. 76 Průběh zatěžování podélného zkušební vzorku 14-01/01.13, který byl zatěžován silou 0,04 kN/s s vyznačením maximální tahové síly pro výpočet pevnosti v tahu a F_1 a F_2 pro výpočet modulu pružnosti v tahu.



Obr. 77 Průběh zatěžování podélného zkušební vzorku 14-01/01.18, který byl zatěžován silou 0,04 kN/s s vyznačením maximální tahové síly pro výpočet pevnosti v tahu a F_1 a F_2 pro výpočet modulu pružnosti v tahu.

8. Deformace se musí měřit ve střední části zkušebního tělesa na dvou protilehlých stranách při použití měřicí základny v rozmezí 75 až 125 mm. Délka měřicí základny se musí stanovit s přesností $\pm 0,5$ mm.
9. Deformace na každém povrchu se musí měřit s přesností 1%. Musí se vypočítat průměr ze dvou odečtů se zaokrouhlením na 0,005 mm a použije se při výpočtu tuhosti a modulu pružnosti zkušebního tělesa.



Obr. 78 Zkušební tělesa po tahové zkoušce. Vlevo příčná zkušební tělesa, vpravo podélná

4.5.2 Vyjádření výsledků

Modul pružnosti v tahu E_t zkušebního tělesa se vypočte podle vzorce (5) a **tuhost v tahu $E_t A$** se vypočte dle vzorce (6) dle [6]:

$$E_t = \frac{(F_2 - F_1) l_1}{(u_2 - u_1) A} \quad (5)$$

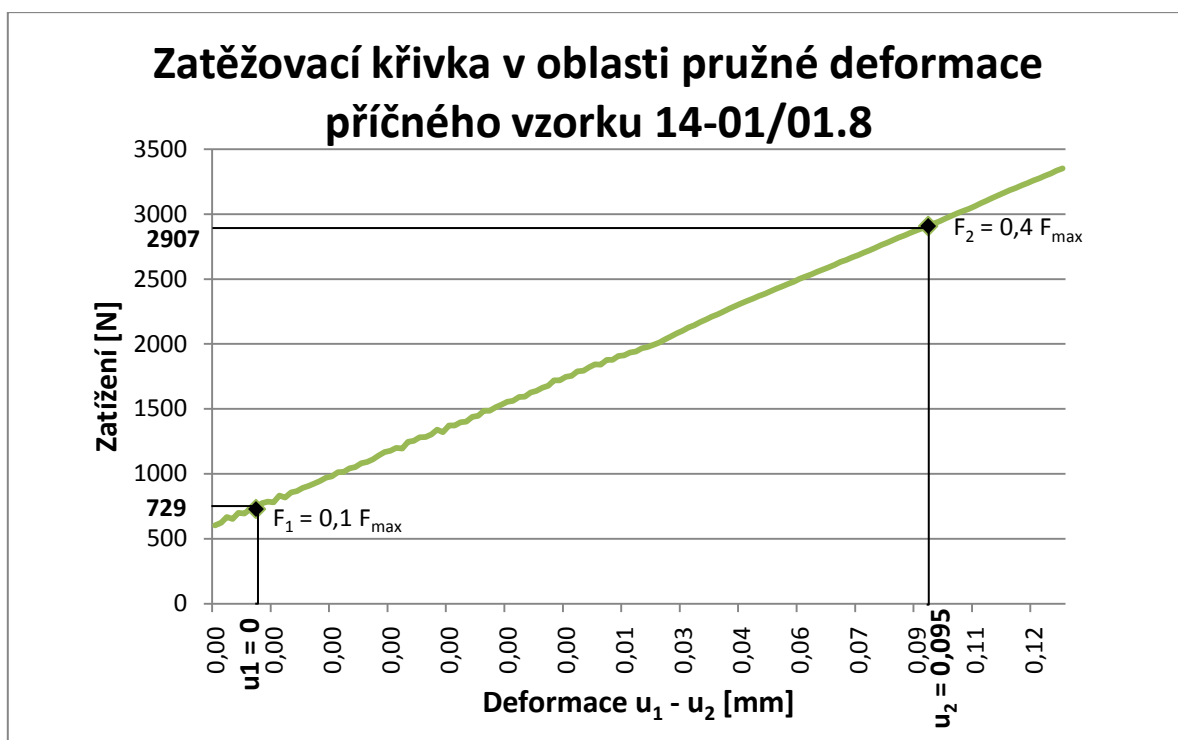
$$E_t A = \frac{(F_2 - F_1) l_1}{(u_2 - u_1)} \quad (6)$$

Kde:

A průřez v délce měřicí základny [mm²]

$F_2 - F_1$ přírůstek zatížení mezi 0,1 F_{\max} a 0,4 F_{\max} (Obr. 79) [N]

$u_2 - u_1$ přírůstek deformace odpovídající $F_2 - F_1$ při použití lineární regresní přímky [mm]



Obr. 79 Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace u příčného zkušební vzorku 14-01/01.8 pro demonstraci přírůstku zatížení ($F_2 - F_1$) a deformace ($u_2 - u_1$) pro výpočet modulu pružnosti v tahu

Modul pružnosti v tahu i tuhost v tahu jsou vypočteny v tab. 11. Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny na 3 platné číslice.

Tab. 11 Výpočet modulu pružnosti v tahu a tuhosti v tahu

vzorek č.	b [mm]	l ₁ [mm]	A [mm ²]	u ₁ [mm]		u ₂ [mm]		F ₁ [N]	F ₂ [N]	E _t [N/mm ²]	Průměr	Směrodatná odchylka	5% kvantil	E _t A [N/mm ²]	průměr	Směrodatná odchylka	5% kvantil
14-01/01.2	19,9	60	1194	-0,001	0,003	0,095	0,116	360	1579	583	674	229,327	504	696000	939500	320059,239	602000
				0		0,105											
14-01/01.3	19,8	85	1683	0,074	0,079	0,222	0,224	531	2176	554				932000			
				0,075		0,225											
14-01/01.5	19,8	70	1386	0,077	0,068	0,238	0,266	725	2895	626				868000			
				0,075		0,25											
14-01/01.6	19,6	80	1568	0,083	0,11	0,182	0,239	1992	3342	599				939000			
				0,095		0,21											
14-01/01.7	19,9	60	1194	0,064	0,069	0,252	0,292	648	2706	504				602000			
				0,065		0,27											
14-01/01.8	19,8	70	1386	0,003	0,001	0,098	0,087	729	2907	1180				1600000			
				0		0,095											
14-01/01.11	19,9	75	1493	0	0,001	0,099	0,103	1550	3610	1040	855	157,056	585	1550000	1316400	232610,920	922000
				0		0,1											
14-01/01.13	19,7	80	1576	0,015	0,066	0,191	0,298	742	3104	585				922000			
				0,040		0,245											
14-01/01.16	19,8	75	1485	0,01	0,008	0,259	0,225	1208	4842	798				1190000			
				0,01		0,24											
14-01/01.17	20	78	1560	0,001	0,003	0,184	0,197	1213	4874	963				1500000			
				0		0,19											
14-01/01.18	19,9	80	1592	0,054	0,069	0,291	0,293	1350	5430	891				1420000			
				0,06		0,29											

Pevnost v tahu f_t zkušební tělesa se vypočítá ze vztahu (7) dle [6]:

$$f_t = \frac{F_{max}}{A} \quad (7)$$

Kde:

F_{max} Maximální tahové zatížení [N]

A plná průřezová plocha rovná bt [mm²]

Výpočet pevnosti v tahu je zobrazen v tabulce 12.

Tab. 12 Pevnost v tahu

vzorek č.	b [mm]	t [mm]	A [mm ²]	F _{max} [N]	f _t [N/mm ²]	Průměr	Směrodatná odchylka	5% kvantil
14-01/01.2	19,9	7,74	154,026	3920	25,5	44,350	10,494	25,5
14-01/01.3	19,8	7,44	147,312	5405	36,7			
14-01/01.5	19,8	7,37	145,926	7229	49,5			
14-01/01.6	19,6	7,41	145,236	8380	57,7			
14-01/01.7	19,9	7,4	147,26	6783	46,1			
14-01/01.8	19,8	7,27	143,946	7285	50,6			
14-01/01.11	19,9	7,11	141,489	9033	63,8	74,800	12,621	54,7
14-01/01.12	20	7,23	144,6	9548	66,0			
14-01/01.13	19,7	7,23	142,431	7784	54,7			
14-01/01.15	19,9	7,39	147,061	11726	79,7			
14-01/01.16	19,8	7,33	145,134	12161	83,8			
14-01/01.17	20	7,43	148,6	12176	81,9			
14-01/01.18	19,9	7,26	144,474	13530	93,7			

Pozn. Zkušební tělesa **14-01/01.1** a **14-01/01.14** praskla mimo snímací zařízení a zkušební těleso **14-01/01.4** prasklo ihned po začátku zatěžování. Z tohoto důvodu je vylučuji z výpočtu pevnosti v tahu i modulu pružnosti v tahu a tuhosti v tahu. Dále pro výpočet modulu pružnosti v tahu a tuhosti v tahu nebude počítáno se zkušebními tělesy **14-01/01.12** a **14-01/01.15**, u kterých došlo v místě pružné deformace při zatěžování k prokluzu. Pro výpočet pevnosti v tahu s nimi je počítáno.

5 Vyhodnocení výsledků experimentu

V rámci bakalářské práce se ověřovaly mechanicko-fyzikální vlastnosti pětivrstvé překližované desky tloušťky 7 mm. Z fyzikálních vlastností jsem se zaměřila na výpočet hustoty a vlhkosti. Mezi mechanické vlastnosti pak patří pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu a pevnost v tahu, modul pružnosti v tahu a tuhost v tahu.

Překližované desky se klasifikují systémem založeným na ohybových vlastnostech, nezávisle na jejich skladbě. Klasifikační systém může sloužit pro poskytnutí charakteristických hodnot překližovaných desek pro nosné účely jako alternativa k celému rozsahu zkoušek podle ČSN EN 789 [6] pro charakteristické hodnoty každé třídy uvedené v tabulce (Obr. 80). Tyto hodnoty však nesmí být použity pro návrh konstrukcí [5].

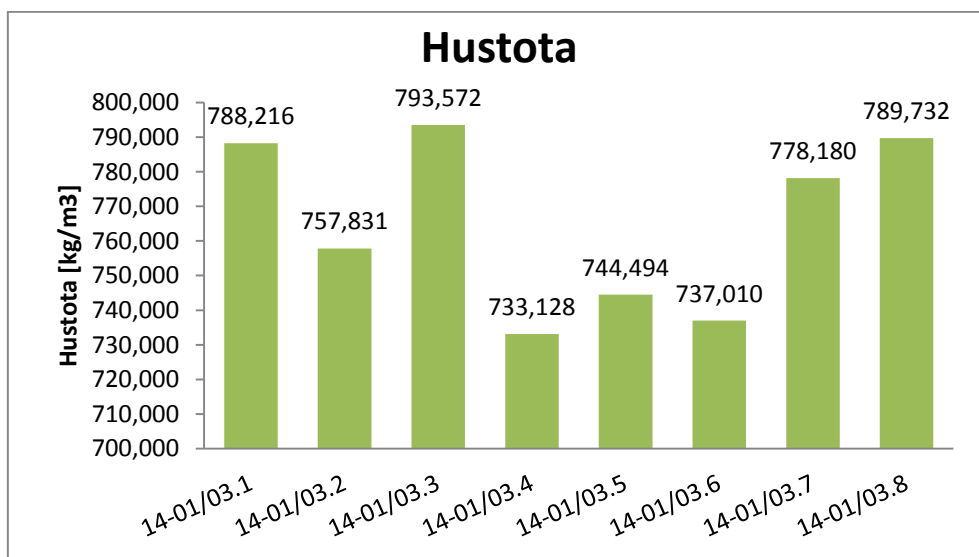
Pevnost v ohybu		
Třída		Dolní mezní hodnota N/mm ²
$f_{m,0}$ $f_{m,90}$	F 3	5
	F 5	8
	F 10	15
	F 15	23
	F 20	30
	F 25	38
	F 30	45
	F 35	52
	F 40	60
	F 50	75
	F 60	90
	F 70	105
	F 80	120

Modul pružnosti v ohybu		
Třída		Dolní mezní hodnota N/mm ²
$E_{m,0}$ $E_{m,90}$	E 5	450
	E 10	900
	E 15	1 350
	E 20	1 800
	E 25	2 250
	E 30	2 700
	E 35	3 150
	E 40	3 600
	E 50	4 500
	E 60	5 400
	E 70	6 300
	E 80	7 200
	E 90	8 100
	E 100	9 000
	E 120	10 800
	E 140	12 600

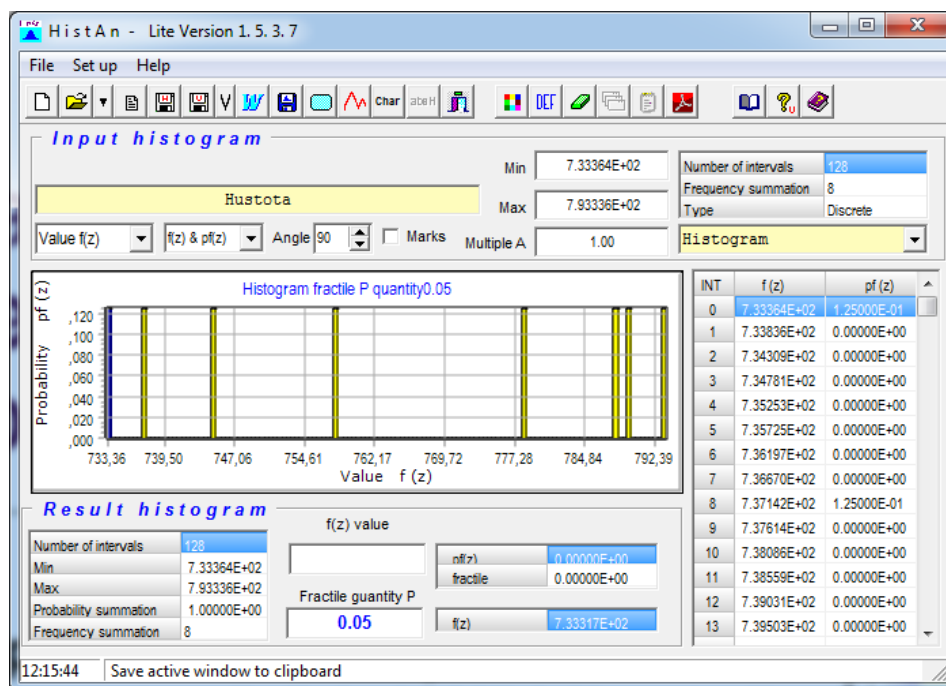
Obr. 80 vlevo: Třídy ohybové pevnosti pro překližované desky, vpravo: Třídy modulu pružnosti v ohybu pro překližované desky [5]

Dolní mezní hodnoty uvedené v tab. 1 jsou 5 – percentily z deskového průměru. Hodnoty překližované desky jsou $f_{m,0}=62,5$ N/mm², $f_{m,90}=88,6$ N/mm², $E_{m,0}=3920$ N/mm², $E_{m,90}=10200$ N/mm² což odpovídá třídě **F40/F50 E40/E100**.

Hustota byla ověřena podle ČSN EN 323 – Zisťovanie hustoty [3]. Výsledné hodnoty jsou zpracovány do sloupcového grafu (Obr. 81), který ukazuje hustoty jednotlivých zkušebních těles (14-01/03.1 – 14-01/03.8). Histogram hustoty s vyznačením 5% kvantilu je zobrazen na obr. 82. Pro přesný výpočet 5% kvantilu by bylo za potřebí minimálně 20 hodnot ($5\% = 1/20 \cdot 100$). Vlhkost zkušebních těles v době zkoušky se pohybovala v rozmezí od 8,8 do 9,7 % (jednotlivé vlhkosti zkušebních těles jsou vypočteny v kapitole 4.3, tab. 8).

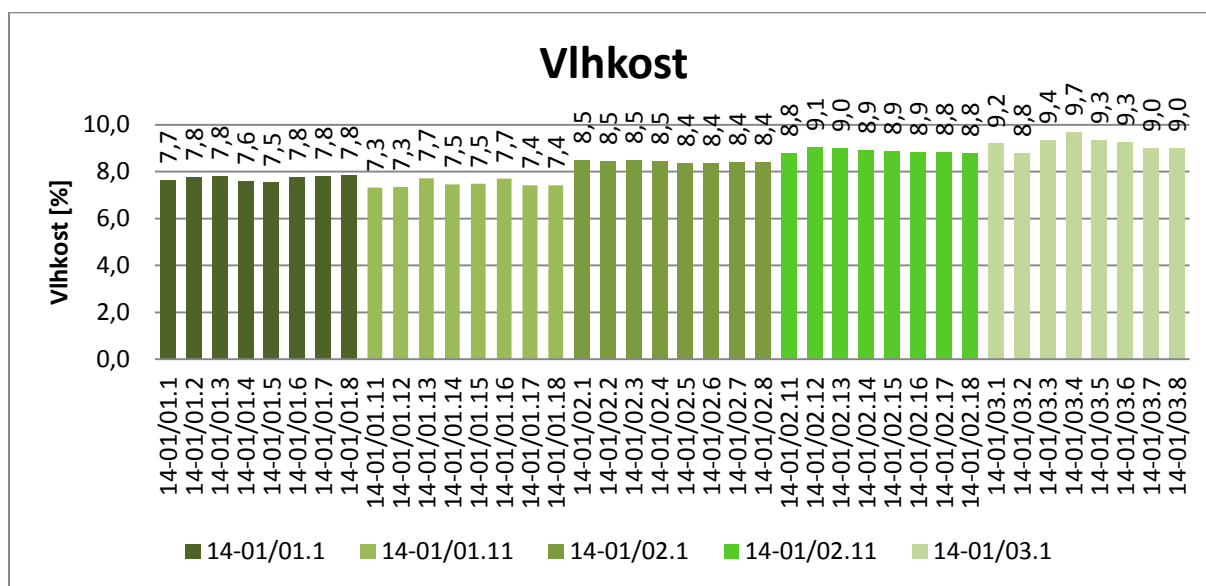


Obr. 81 Hustota jednotlivých zkušebních těles



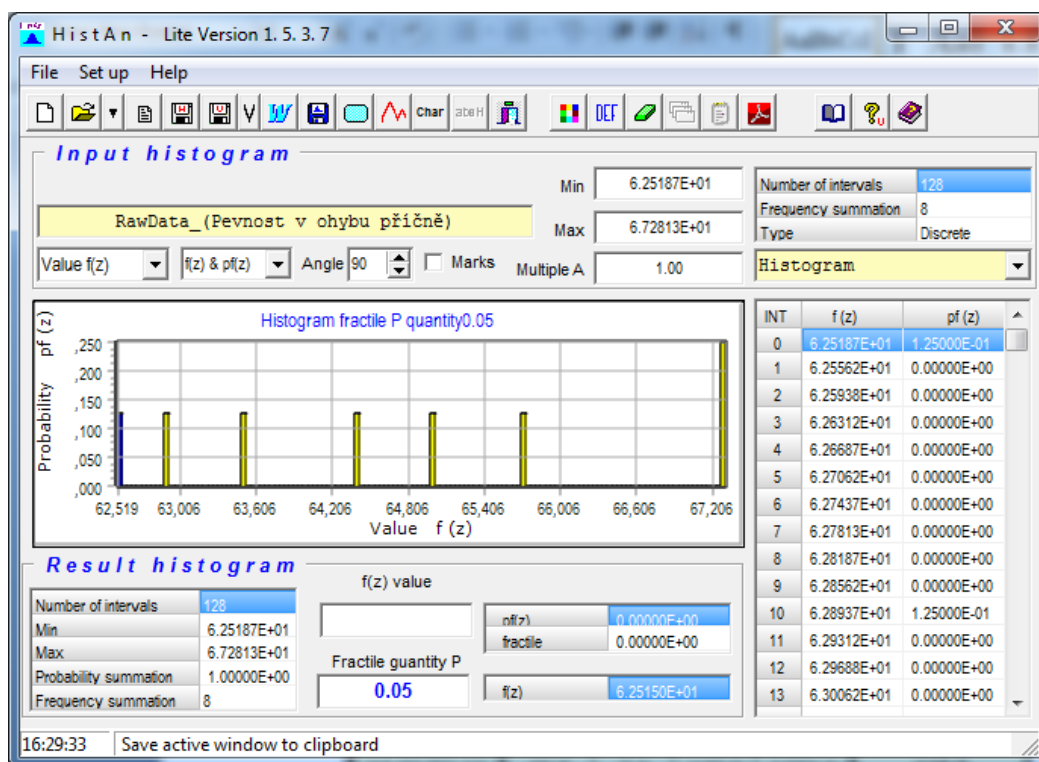
Obr. 82 Histogram hustoty s vyznačením 5% kvantilu

Další fyzikální vlastností je **vlhkost**, která byla ověřena podle ČSN EN 322 – Zisťovanie vlhkosti [2]. Ke stanovení vlhkosti byla použita všechna zkušební tělesa. Nejnižší vlhkost (7,3 – 7,8 %) měla zkušební tělesa pro stanovení tahových vlastností, která měla největší rozměry a hmotnost. Naopak nejvyšší vlhkost (8,8 – 9,7 %) měla zkušební tělesa pro stanovení hustoty, která měla nejmenší rozměry a nejnižší hmotnost. Přesně uprostřed se pohybovala vlhkost zkušebních těles pro stanovení pevnosti v ohybu. Vlhkost těchto těles byla v rozmezí 8,4 – 9,1 %. Vlhkost jednotlivých zkušebních těles je zobrazena v sloupcovém grafu (Obr. 83)

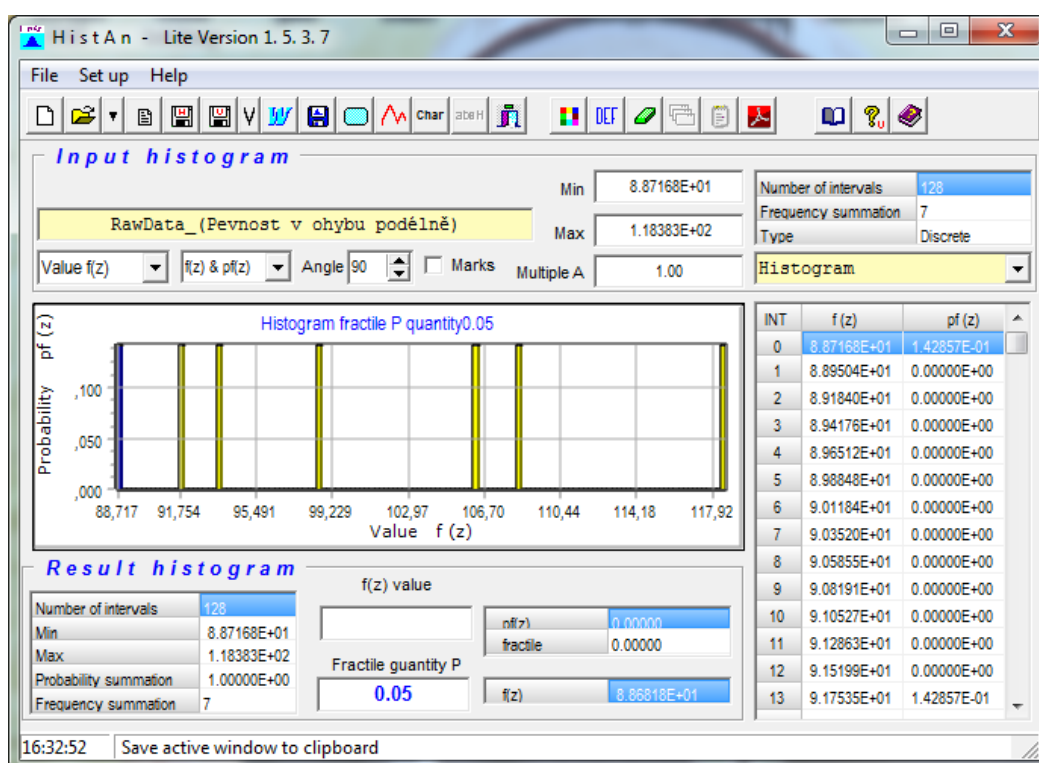


Obr. 83 Vlhkost jednotlivých zkušebních těles

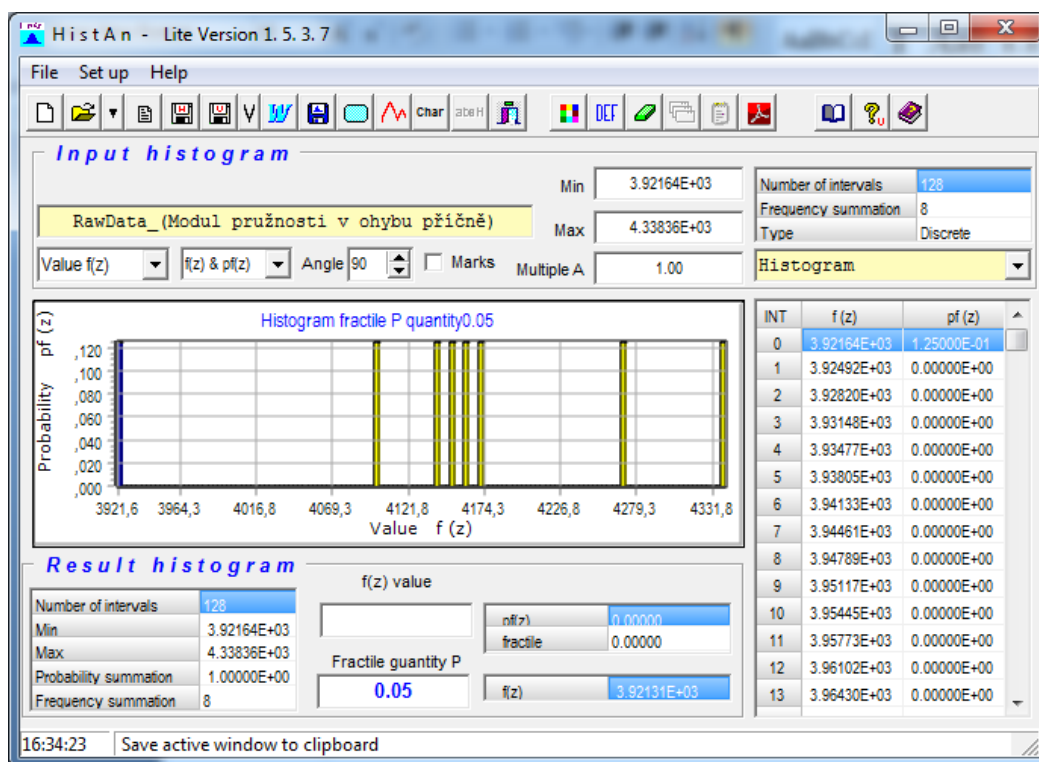
Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu byl zpracován podle ČSN EN 310 [1]. Pevnost v ohybu se zkoušela na dvou souborech zkušebních vzorků. První soubor byl připraven pro výpočet příčné pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu (14-01/02.1 – 14-01/02.8) a druhý pro výpočet podélné pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu (14-01/02.11 – 14-01/02.18). Výsledné hodnoty jsou zpracovány formou histogramů s vyznačením 5% kvantilu pro zatřídění dle ČSN EN 636 [5]. Histogram pevnosti v ohybu příčných zkušebních těles je zobrazen na obr. 84 a podélných zkušebních těles na obr. 85. Histogram modulu pružnosti v ohybu příčných zkušebních těles je zobrazen na obr. 86 a podélných těles na obr. 87. Vlhkost zkušebních těles v době zkoušky se pohybovala v rozmezí od 8,4 do 9,1 %.



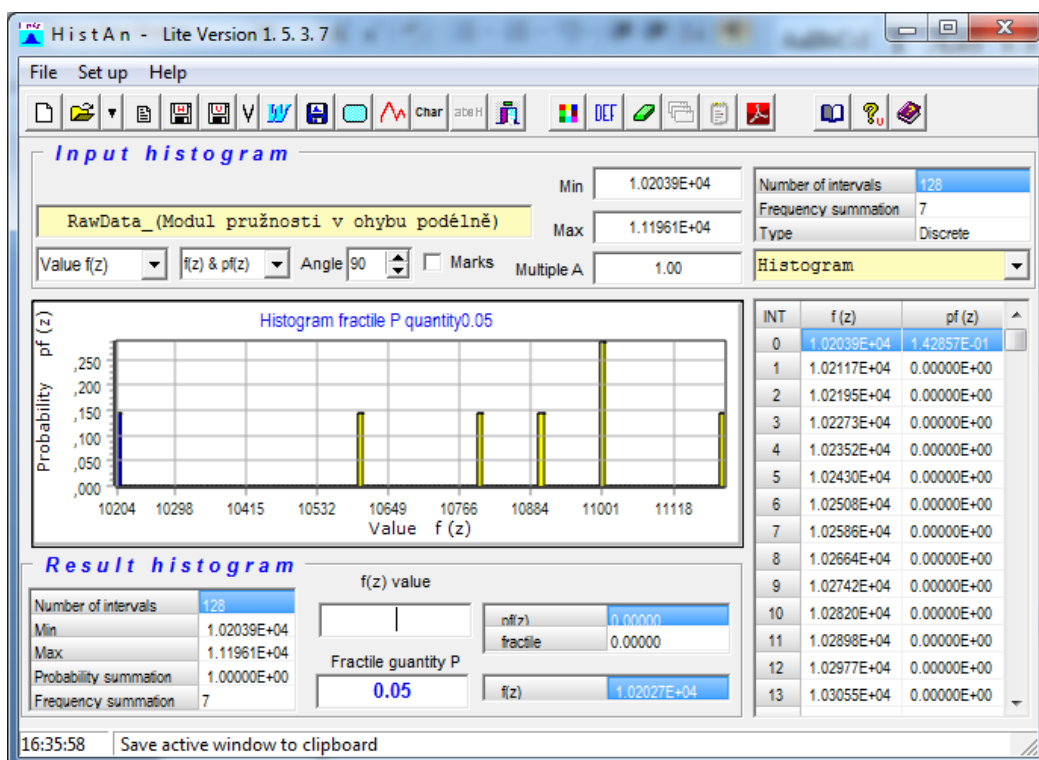
Obr. 84 Histogram pevnosti v ohybu napříč vláken $f_{m,0}$ s vyznačením 5% kvantilu



Obr. 85 Histogram pevnosti v ohybu podél vláken $f_{m,90}$ s vyznačením 5% kvantilu



Obr. 86 Histogram modulu pružnosti v ohybu napříč vláken $E_{m,0}$ s vyznačením 5% kvantilu



Obr. 87 Histogram modulu pružnosti v ohybu podél vláken $E_{m,90}$ s vyznačením 5% kvantilu

Pro zařazení překližované desky jsou důležité hodnoty 5% kvantilů, které jsou:

Pevnost v ohybu napříč vláken $f_{m,0}=62,5$ N/mm² / *Pevnost v ohybu podél vláken* $f_{m,90}=88,6$ N/mm², *Modul v ohybu napříč vláken* $E_{m,0}=3920$ N/mm² / *Modul v ohybu podél vláken* $E_{m,90}=10200$ N/mm² což podle obr. 80 odpovídá třídě **F40/F50 E40/E100** dle ČSN EN 636 [5].

Poslední ze zkoušených mechanických vlastností překližované desky jsou **tahové vlastnosti**, které se hodnotí podle ČSN EN 789 [6] a mezi které patří modul pružnosti v tahu, tuhost v tahu a pevnost v tahu. Opět zjišťujeme tahové vlastnosti napříč vláken a podél vláken. Zkušební tělesa pro výpočet příčných pevností jsou označena 14-01/01.1 – 14-01/01.8 a pro výpočet podélných pevností 14-01/01.11 – 14-01/01.18. Pro výpočet modulů nebylo počítáno se vzorky č. 14-01/01.1, 14-01/01.4, 14-01/01.12, 14-01/01.14 a 14-01/01.15 a pro výpočet pevností se vzorky 14-01/01.1, 14-01/01.4 a 14-01/01.14 z důvodu, které jsou popsány v kapitole 4.5. Modul pružnosti v tahu a tuhosti v tahu jednotlivých zkušebních těles je vypočten v kapitole 4.5, tab. 11. Pevnosti v ohybu jednotlivých zkušebních těles jsou vypočteny v tab. 12. Skutečná vlhkost těchto těles v době zkoušky byla 7,32 až 7,83 %.

Shrnutí vlastností: třída **F40/F50 E40/E100**

Zkoušená překližovaná deska tloušťky 7 mm má výslednou pevnost v ohybu napříč vláken 40 N/mm² a podél vláken 50 N/mm². Výrobce překližek DYAS EU (Uherský Ostroh) [22] uvádí u překližky pevnost v ohybu napříč vláken 50 N/mm² a podél vláken 60 N/mm². Námi zkoušená překližka je tedy o 1 třídu níže.

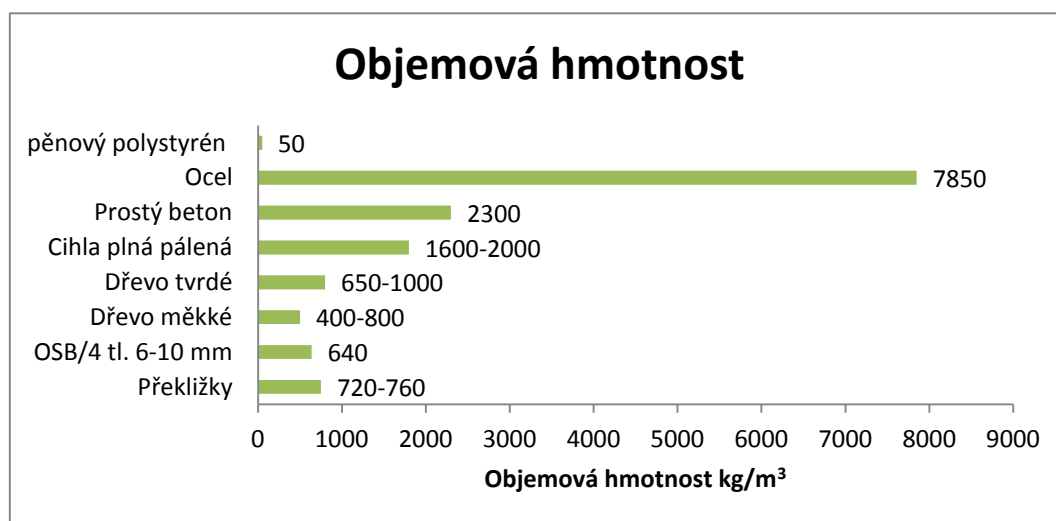
Zkoušená překližka v porovnání např. s OSB/4 stejné tloušťky vykazuje lepších vlastností. Pevnost v ohybu podél vláken překližky je asi 2 – 2,5x vyšší než pevnost v ohybu OSB desky.

Další materiály a jejich vlastnosti jsou zpracovány do tabulky 13.

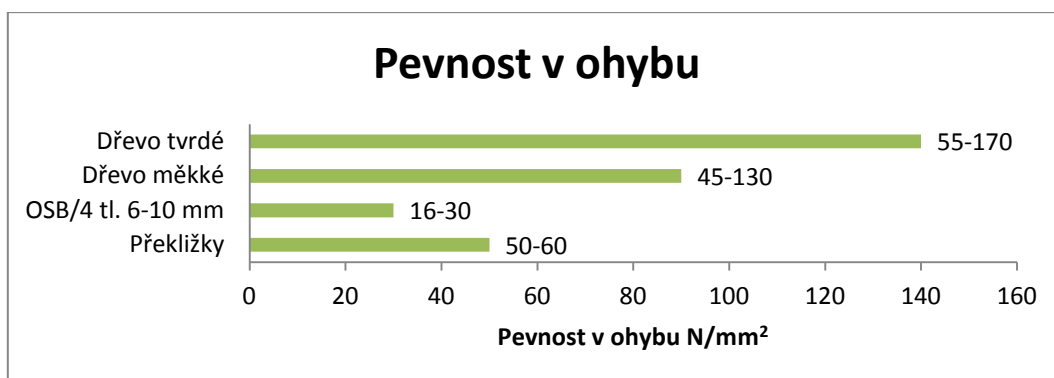
Tab. 13 Srovnání vlastností stavebních materiálů [10, 14, 22]

Materiál	Objemová hmotnost kg/m ³ (Obr. 88)	Pevnost v ohybu N/mm ² (Obr. 89)	Modul pružnosti N/mm ² (Obr. 90)	Pevnost v tahu N/mm ²
Překližka	720-760	napříč vláken 50 (40) podél vláken 60 (50)	napříč vláken (4000) podél vláken (10000)	napříč vláken (25,5) podél vláken (54,7)
OSB/4 tl. 6-10 mm	640	napříč vláken 16 podél vláken 30	napříč vláken 1900 podél vláken 4800	*uvádí se pouze pevnost v tahu ve směru kolmém na rovinu desky = 0,5 [20]
dřevo měkké	400-800	45-130	10000-14000	40-150
Dřevo tvrdé	650-1000	55-170	12000-16000	60-180
Cihla plná pálená	1600-2200	-	8000-12000	1,2 - 4
Prostý beton	2300	-	15000-40000 C20/25 25000-30000 C40/50 >35000	1 - 5
Ocel	7850	-	210000	250 - 2000
pěnový polystyrén	14-100	-	3,5-15	0,15 – 0,22

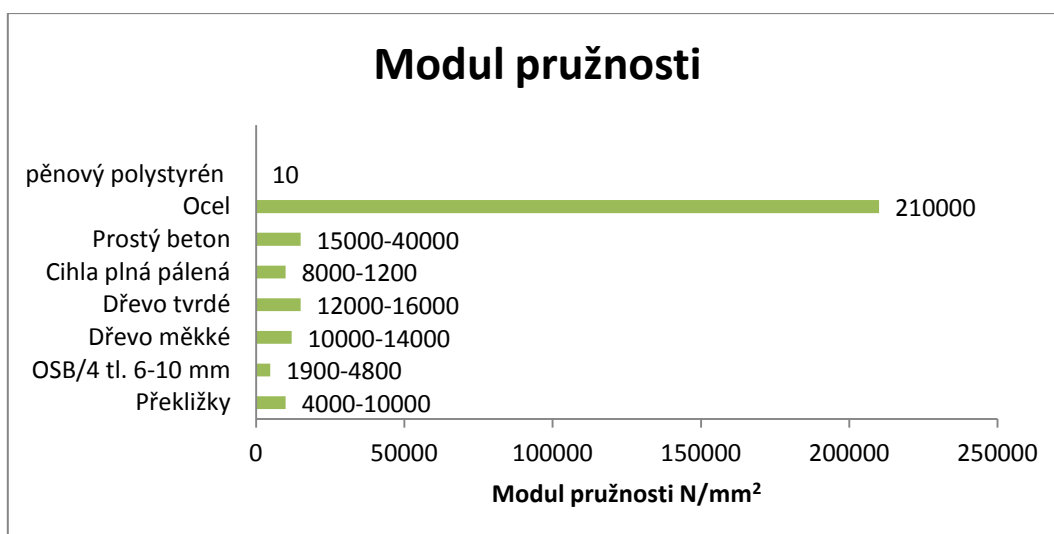
Pozn. Hodnoty v kulatých závorkách jsou hodnoty 5% kvantilu naměřené z laboratorních zkoušek. Podél vláken = hlavní osa u OSB desky, Napříč vláken = vedlejší osa.



Obr. 88 Objemová hmotnost vybraných stavebních materiálů



Obr. 89 Pevnost v ohybu vybraných stavebních materiálů



Obr. 90 Modul pružnosti vybraných stavebních materiálů

6 Závěr

Kompozitní materiály na bázi dřeva vznikají rozdělením dřevní hmoty na nejrůznější dřevní elementy a následně se pojí lepidlem za pomoci tepla a tlaku do velkoplošných desek nebo tvarových výlisků. Díky stále vzrůstajícím požadavkům na únosnost a vzhled byly vytvořeny kompozitní materiály na bázi dřeva i pro nosné účely, které se svými vlastnostmi vyrovnají ocelovým nosníkům. Kompozitní materiály na bázi dřeva mají všestranné využití ve stavebnictví. Trendy vývoje kompozitních materiálů na bázi dřeva směřují k využívání levnějších vstupních surovin a používání lepidel, které neobsahují žádný formaldehyd. Nové studie prokázaly vliv modifikace dřeva na rozměrovou stabilitu překližovaných materiálů na venkovním prostředí. Další způsob, který zvyšuje užité vlastnosti překližek, je pomocí nanotechnologie.

V rámci experimentální části bakalářské práce se ověřovaly některé fyzikální a mechanické vlastnosti překližované desky tloušťky 7 mm, složené z pěti na sebe kolmých vrstev dýh, na základě ČSN norem. Z fyzikálních vlastností se ověřovala vlhkost podle normy ČSN EN 322 [2] a hustota podle ČSN EN 323 [3]. Z mechanických vlastností to byly zkoušky na pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu dle ČSN EN 310 [1] a pevnost v tahu, modul pružnosti v tahu a tuhost v tahu podle ČSN EN 789 [6]. Výsledky jednotlivých zkoušek jsou zpracovány v předchozí kapitole do histogramů s vyznačením 5% kvantilu, který nám říká, že pouze 5% zkoušených vzorků může mít nižší hodnotu. Překližovaná deska byla klasifikována podle normy ČSN EN 636 [5]. Pro výpočty a grafické znázornění byl použit program Microsoft Office Excel 2007. Histogramy byly zpracovány v studentské verzi softwaru HistAn – Lite Version 1.5.3.7.

7 Seznam použitých pramenů

Technické normy

- [1] ČSN EN 310. *Desky ze dřeva – Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu* (1995)
- [2] ČSN EN 322. *Dosky z dřeva – Zisťovanie vlhkosti* (1994)
- [3] ČSN EN 323. *Dosky z dřeva - Zisťovanie hustoty* (1994)
- [4] ČSN EN 326 – 1. *Desky ze dřeva – Odběr vzorků, nařezávání a kontrola – Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky* (1997)
- [5] ČSN EN 636. *Překližované desky – Požadavky* (2013)
- [6] ČSN EN 789. *Dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Stanovení mechanických vlastností desek na bázi dřeva* (2005)

Literatura

- [7] Böhm, M., Reisner, J., Bomba, J. *Materiály na bázi dřeva. Česká zemědělská univerzita v Praze. 2013, ISBN 978-80-213-2251-6.*
Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohbm/materialy_na_bazi_dreva.pdf
- [8] KRÁL, P. a HRÁZSKÝ, J. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 206 s. ISBN 80-715-7878-9.*
- [9] KRÁL, P. a HRÁZSKÝ, J. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Cvičení. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006, 167 s. ISBN 80-7157-934-3.*
- [10] SVOBODA, L. a kol. *Stavební hmoty [online]. 3. vyd. 2013 [cit. 2015-04-26]. ISBN 978-80-260-4972-2.*
Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodl/sh/SH3v1.pdf>

Odborné články

[11] KHANDKAR-SIDDIKUR, R., NAZMUL, A., a NAZRUL, I. *Some Physical and Mechanical Properties of Bamboo Mat-Wood Veneer Plywood*. *ISCA Journal of Biological Sciences* [online]. 2012, vol 1(2), s. 61-64 [cit. 2015-04-28].

Dostupné z: <http://www.isca.in/IJBS/Archive/v1i2/11.ISCA-JBS-2012-026%20Done.pdf>

[12] TRINH, H.M., MILITZ, H., MAI, C. *Modification of beech veneers with N-methylol-melamine compounds for the production of plywood*. *European Journal of Wood and Wood Products* [online]. 2012, vol. 70, issue 4, s. 421-432 [cit. 2015-04-28]. DOI: 10.1007/s00107-011-0569-4.

Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00107-011-0569-4>

[13] ZEKI, C. a TURGAY, A. *Nano-engineered plywood panels: Performance properties*. *Elsevier* [online]. 2014, č. 64, s. 155-161 [cit. 2015-04-28].

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836814001772>

Internetové odkazy

[14] <http://dekwood.cz/produkty/drevene-obklady/thermowood-62>

[15] http://fld.czu.cz/~bohmdyhy_a_preklizky.htm

[16] http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_vad/cizi_telesa.htm

[17] http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_makroskopicka_stavba_dreva/

[18] <http://www.demos.cz/plosny-material/dekorativni-materialy/laminaty.html>

[19] <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/stavebni-chemie/2488-drevostavba-a-jeji-lepidla>

[20] <http://www.drevovlakno.cz/images/upload/pdf/44f28c2803bd33704f6b61531d52de5e.pdf>

[21] http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/materialy-a-technologie/variace-na-tema-drevo-a-kompozity_19489.html

[22] <http://www.dyas.eu/>

- [23] <http://www.fermacell.cz/>
- [24] <http://www.grena.cz/grenamat-as.html>
- [25] <http://www.grenaisol.cz/>
- [26] <http://www.iss-cheb.cz/images/housle/materialy.pdf>
- [27] <http://www.kaplanpraha.cz/>
- [28] <http://www.laminat4u.cz/hpl-vysokotlaky-laminat/>
- [29] <http://www.lorosjihlava.cz/userfiles/fotografie/normal/vostina.jpg>
- [30] <http://www.metsawood.com/global/Products/kerto>
- [31] <http://www.n-i-s.cz/cz/materialy-na-bazi-dreva/page/79/>
- [32] <http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/Holzbaukurs/Kapitel2-JB.pdf>
- [33] <http://www.rigips.cz/>
- [34] <http://www.thermowood.fi/>
- [35] <http://www.winwood-products.com/images/thermowood.jpg>
- [36] <http://www.woodplastic.cz/>